



## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# Η Επιχειρησιακή Έρευνα στην Ψηφιακή Εποχή



Του φοιτητή

Χρήστου Σωτηριάδη

Αρ. Μητρώου: 011647

Επιβλέπων καθηγητής

Ιορδάνη Κιοσκερίδης

Θεσσαλονίκη 2025

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την εξέλιξη και προσαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στο σύγχρονο ψηφιακό περιβάλλον. Διανύουμε μια περίοδο ραγδαίων τεχνολογικών αλλαγών που επιδρούν καταλυτικά στη λειτουργία των επιχειρήσεων και οργανισμών. Η ψηφιακή αυτή επανάσταση δημιουργεί νέες προκλήσεις αλλά και ευκαιρίες για την επιστήμη της επιχειρησιακής έρευνας.

Η επιχειρησιακή έρευνα, ως επιστημονικός κλάδος που υποστηρίζει τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων μέσω της εφαρμογής μαθηματικών μοντέλων και αναλυτικών τεχνικών, καλείται να προσαρμοστεί στις νέες τεχνολογικές πραγματικότητες. Η εμφάνιση των μεγάλων δεδομένων, της τεχνητής νοημοσύνης, του διαδικτύου των πραγμάτων και του υπολογιστικού νέφους έχει διευρύνει τους ορίζοντες της επιχειρησιακής έρευνας, παρέχοντας νέα εργαλεία και μεθόδους για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων.

Η εργασία αυτή επιχειρεί να αναδείξει πώς η επιχειρησιακή έρευνα αξιοποιεί τις ψηφιακές τεχνολογίες για να προσφέρει ακόμα πιο αποτελεσματικές λύσεις σε προβλήματα επιχειρήσεων και οργανισμών. Παρουσιάζει τις βασικές έννοιες και μεθόδους της επιχειρησιακής έρευνας, εξετάζει την ιστορική της εξέλιξη, αναλύει τη συνέργεια της με τις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες και παρουσιάζει εφαρμογές της σε διάφορους τομείς όπως η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, η χρηματοοικονομική ανάλυση, η βελτιστοποίηση παραγωγής και η υγειονομική περίθαλψη.

Μέσα από αυτή την εργασία, φιλοδοξώ να συμβάλω στην κατανόηση της σημασίας της επιχειρησιακής έρευνας ως ενός πολύτιμου εργαλείου για τις επιχειρήσεις που στοχεύουν στη διατήρηση της ανταγωνιστικότητάς τους στη σύγχρονη ψηφιακή οικονομία.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει την εξέλιξη και προσαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή. Πρόκειται για μια συστηματική ανάλυση του τρόπου με τον οποίο οι ψηφιακές τεχνολογίες, όπως τα μεγάλα δεδομένα, η τεχνητή νοημοσύνη και το διαδίκτυο των πραγμάτων, έχουν μετασηματίσει και εμπλουτίσει τις παραδοσιακές μεθοδολογίες της επιχειρησιακής έρευνας.

Η εργασία ξεκινά με την εισαγωγή βασικών εννοιών και τον ορισμό της επιχειρησιακής έρευνας, ακολουθούμενη από μια ιστορική αναδρομή από τις απαρχές της μέχρι τη σύγχρονη ψηφιακή εποχή. Παρουσιάζονται αναλυτικά οι βασικές μεθοδολογίες της επιχειρησιακής έρευνας, όπως ο γραμμικός και μη γραμμικός προγραμματισμός, ο δυναμικός προγραμματισμός, η θεωρία ουρών αναμονής, η θεωρία παιγνίων και η προσομοίωση, με έμφαση στο πώς αυτές έχουν προσαρμοστεί στο ψηφιακό περιβάλλον.

ακολουθεί ενδελεχής ανάλυση της σχέσης μεταξύ επιχειρησιακής έρευνας και ψηφιακού μετασηματισμού, εστιάζοντας στο ρόλο των ψηφιακών τεχνολογιών και στις προκλήσεις και ευκαιρίες που προκύπτουν. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη συνέργεια της επιχειρησιακής έρευνας με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων και την τεχνητή νοημοσύνη, με αναλυτική παρουσίαση των σχετικών τεχνικών και εφαρμογών.

Η εργασία ολοκληρώνεται με την παρουσίαση σύγχρονων εφαρμογών της επιχειρησιακής έρευνας σε τομείς όπως η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, η χρηματοοικονομική ανάλυση, η βελτιστοποίηση παραγωγής, η υγειονομική περίθαλψη και οι έξυπνες πόλεις. Παρατίθενται περιπτωσιολογικές μελέτες και παραδείγματα επιτυχημένης εφαρμογής, καθώς και προβλέψεις για τις μελλοντικές τάσεις και προοπτικές του πεδίου.

Συμπερασματικά, διαπιστώνεται ότι η επιχειρησιακή έρευνα στην ψηφιακή εποχή έχει αναδειχθεί σε απαραίτητο εργαλείο για τις επιχειρήσεις που επιδιώκουν να παραμείνουν ανταγωνιστικές, προσφέροντας προηγμένες μεθόδους για τη διαχείριση της πολυπλοκότητας, την αξιοποίηση των δεδομένων, τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών και την ταχεία προσαρμογή στις αλλαγές της αγοράς.

## **ABSTRACT**

This thesis examines the evolution and adaptation of Operations Research in the modern digital age. It is a systematic analysis of how digital technologies such as big data, artificial intelligence and the internet of things have transformed and enriched traditional business research methodologies.

The paper begins by introducing key concepts and defining Operations Research, followed by a historical review from its origins to the modern digital era. The main methodologies of operations research, such as linear and non-linear programming, dynamic programming, queuing theory, game theory and simulations are presented in detail, with an emphasis on how they have been adapted to the digital environment.

This is followed by a thorough analysis of the relationship between operations research and digital transformation, focusing on the role of digital technologies and the challenges and opportunities that arise. Particular emphasis is placed on the synergy of operations research with big data analytics and artificial intelligence, with a detailed presentation of the relevant techniques and applications.

The paper concludes with a presentation of modern applications of operations research in areas such as supply chain management, financial analysis, production optimization, healthcare and smart cities. Case studies and examples of successful applications are provided, as well as predictions of future trends and perspectives the field.

In conclusion, it is found that operations research in the digital age has emerged as an essential tool for companies seeking to remain competitive, offering advanced methods for managing complexity, leveraging data, optimizing processes and rapidly adapting to market changes.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT .....	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	6
Ευρετήριο Σχημάτων και Πινάκων .....	10
Εισαγωγή .....	11
Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας.....	11
Ορισμός της επιχειρησιακής έρευνας .....	12
Σημασία της επιχειρησιακής έρευνας στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή.....	14
Διαχείριση αυξανόμενης πολυπλοκότητας.....	14
Αξιοποίηση μεγάλων δεδομένων (Big Data) .....	14
Αυτοματοποίηση και βελτιστοποίηση διαδικασιών .....	15
Ταχύτητα και ευελιξία στη λήψη αποφάσεων.....	15
Αντιμετώπιση παγκόσμιων προκλήσεων.....	16
1.4 Δομή της εργασίας .....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	19
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	19
1.1 Από τις απαρχές μέχρι τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο .....	19
1.2 Η γέννηση της σύγχρονης επιχειρησιακής έρευνας κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο .....	20
1.3 Η ανάπτυξη της επιχειρησιακής έρευνας μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο (1945-1980) .....	20
1.4 Η μετάβαση στην ψηφιακή εποχή (1980-σήμερα) .....	21
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	23
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	23
2.1 Γραμμικός προγραμματισμός.....	23
2.1.1 Βασικές αρχές και ορισμοί .....	23
2.1.2 Τεχνικές επίλυσης και εφαρμογές στην ψηφιακή εποχή .....	23
2.2 Μη γραμμικός προγραμματισμός .....	24
2.2.1 Βασικές αρχές και εφαρμογές .....	24
2.3 Δυναμικός προγραμματισμός .....	25
2.4 Θεωρία ουρών αναμονής.....	25

2.5 Θεωρία παιγνίων.....	26
2.6 Προσομοίωση .....	27
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ .....	29
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	29
3.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά του ψηφιακού μετασχηματισμού .....	29
3.2 Ο ρόλος των ψηφιακών τεχνολογιών στην επιχειρησιακή έρευνα.....	30
3.2.1 Επίδραση της αυξημένης υπολογιστικής ισχύος .....	30
3.2.2 Επίδραση των μεγάλων δεδομένων (Big Data).....	31
3.2.3 Επίδραση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης .....	31
3.2.4 Ολοκληρωμένα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων .....	31
3.3 Προκλήσεις και ευκαιρίες για την επιχειρησιακή έρευνα στην ψηφιακή εποχή .....	32
3.3.1 Προκλήσεις.....	32
3.3.2 Ευκαιρίες .....	33
3.4 Εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στον ψηφιακό μετασχηματισμό επιχειρήσεων .....	34
3.4.1 Στρατηγική ψηφιακού μετασχηματισμού .....	34
3.4.2 Βελτιστοποίηση επιχειρησιακών διαδικασιών .....	34
3.4.3 Ανάλυση δεδομένων και λήψη αποφάσεων .....	34
3.4.4 Βελτιστοποίηση της εμπειρίας πελατών.....	35
3.4.5 Περιπτωσιολογικές μελέτες επιτυχημένης εφαρμογής .....	35
3.4.6 Ψηφιακά δίδυμα και μοντέλα προσομοίωσης .....	35
3.4.7 Μετασχηματισμός επιχειρηματικών μοντέλων (Business model transformation) .....	37
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ .....	41
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	41
4.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά των μεγάλων δεδομένων .....	42
4.2 Πηγές μεγάλων δεδομένων .....	42
4.3 Τεχνικές ανάλυσης μεγάλων δεδομένων.....	43
4.3.1 Περιγραφική αναλυτική (Descriptive Analytics) .....	43
4.3.2 Διαγνωστική αναλυτική (Diagnostic Analytics) .....	43
4.3.3 Προβλεπτική αναλυτική (Predictive Analytics) .....	44
4.3.4 Προδιαγραφική αναλυτική (Prescriptive Analytics) .....	44
4.4 Συνέργεια μεταξύ επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων .....	45
4.4.1 Ενίσχυση των μοντέλων επιχειρησιακής έρευνας με μεγάλα δεδομένα.....	45

4.4.2 Εφαρμογή τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας στην ανάλυση μεγάλων δεδομένων .....	45
4.3.3 Ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη λήψη αποφάσεων.....	46
4.5 Εφαρμογές και περιπτώσιολογικές μελέτες .....	46
4.5.1 Διαχείριση αλυσίδας εφοδιασμού .....	46
4.5.2 Χρηματοοικονομικές υπηρεσίες .....	47
4.5.3 Υγειονομική περίθαλψη.....	47
4.5.4 Ενέργεια και βιωσιμότητα.....	48
4.6 Προκλήσεις και μελλοντικές τάσεις .....	48
4.6.1 Προκλήσεις.....	48
4.6.2 Μελλοντικές τάσεις.....	49
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ. 50	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	50
5.1 Κύριες τεχνικές μηχανικής μάθησης στην επιχειρησιακή έρευνα .....	51
5.1.1 Επιβλεπόμενη μάθηση (Supervised Learning).....	51
5.1.2 Μη επιβλεπόμενη μάθηση (Unsupervised Learning) .....	51
5.1.3 Ενισχυτική μάθηση (Reinforcement Learning) .....	51
5.2 Εφαρμογές σε παραδοσιακά προβλήματα επιχειρησιακής έρευνας .....	52
5.2.1 Βελτιστοποίηση μέσω τεχνητής νοημοσύνης.....	52
5.2.2 Πρόβλεψη και μοντελοποίηση αβεβαιότητας .....	52
5.3 Συνδυασμός με παραδοσιακές μεθόδους .....	52
5.3.1 Υβριδικές προσεγγίσεις.....	52
5.3.2 Το πλαίσιο "Προβλέπω-και-Βελτιστοποιώ" .....	53
5.4 Προκλήσεις και μελλοντικές κατευθύνσεις .....	53
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	54
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	54
6.2 Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας και logistics.....	54
6.2.1 Βελτιστοποίηση εφοδιαστικής αλυσίδας στην ψηφιακή εποχή.....	54
6.2.2 Ψηφιακοί μετασχηματισμοί στα logistics .....	55
6.2.3 Περιπτώσιολογικές μελέτες.....	55
6.3 Χρηματοοικονομική ανάλυση και διαχείριση κινδύνου .....	55
6.3.1 Βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου.....	55
6.3.2 Διαχείριση χρηματοοικονομικού κινδύνου .....	56

6.3.3 Αλγοριθμικές συναλλαγές.....	56
6.4 Βελτιστοποίηση παραγωγής και λειτουργιών .....	56
6.4.1 Βιομηχανία 4.0 και έξυπνη παραγωγή.....	56
6.4.2 Προγραμματισμός παραγωγής.....	57
6.4.3 Διαχείριση ποιότητας και προγνωστική συντήρηση.....	57
6.5 Εφαρμογές στην υγειονομική περίθαλψη.....	57
6.5.1 Βελτιστοποίηση λειτουργιών νοσοκομείων .....	57
6.5.2 Βελτιστοποίηση αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων .....	57
6.6 Επιχειρησιακή έρευνα στις έξυπνες πόλεις (Smart cities).....	58
6.6.1 Εφαρμογές επιχειρησιακής έρευνας στις έξυπνες πόλεις.....	58
6.6.2 Προκλήσεις και μεθοδολογίες .....	58
6.6.3 Περιπτωσιολογικές μελέτες .....	59
6.6.4 Μελλοντικές τάσεις.....	59
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ .....	60
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	60
7.1 Αναδυόμενες τεχνολογίες και η επίδρασή τους στην επιχειρησιακή έρευνα.....	60
7.2 Νέα πεδία εφαρμογής.....	62
7.3 Case Study: Η επιχειρησιακή έρευνα στη διαχείριση αποβλήτων - Το παράδειγμα της ΚΑΦSIS .....	62
7.4 Προκλήσεις και ευκαιρίες για επαγγελματίες του κλάδου .....	64
7.5 Ηθικά ζητήματα και προβληματισμοί .....	64
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	65
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	66
Σύνοψη βασικών ευρημάτων.....	66
Ο ρόλος της επιχειρησιακής έρευνας στη σύγχρονη ψηφιακή οικονομία.....	67
Προτάσεις για επιχειρήσεις και οργανισμούς .....	68
Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα .....	69
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	71

## Ευρετήριο Σχημάτων και Πινάκων

Σχήμα 1 - Παράδειγμα γραφικής παράστασης προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού - Πηγή: <a href="https://www.econ.upatras.gr/course/epicheirisiaki-ereyna/">https://www.econ.upatras.gr/course/epicheirisiaki-ereyna/</a> .....	24
Σχήμα 2 - Ρεαλιστικό Παράδειγμα Προβλήματος Θεωρίας Παιγνίων - Πηγή: <a href="http://metronanalysis.gr">metronanalysis.gr</a> . 27	
Σχήμα 3 - Γραφικό Παράδειγμα σχεδιασμού Digital Twins απο την εταιρία Logistics identpro. Πηγή <a href="https://identpro.de/en/tech-blog-en/everything-at-a-glance-the-digital-twin-in-intralogistics/">https://identpro.de/en/tech-blog-en/everything-at-a-glance-the-digital-twin-in-</a> <a href="https://identpro.de/en/tech-blog-en/everything-at-a-glance-the-digital-twin-in-intralogistics/">intralogistics/</a> - Ανακτήθηκε 5/5/2025.....	36
Σχήμα 4 - Γραφικό Παράδειγμα Στοιχείων Που συμπεριλαμβάνονται σε digital twins για ολόκληρη εφοδιαστική αλυσίδα - Πηγή <a href="http://DHL.com">DHL.com</a> .....	37

## Εισαγωγή

### Αντικείμενο και σκοπός της εργασίας

Η παρούσα εργασία εξετάζει την εξέλιξη και προσαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στο σύγχρονο ψηφιακό περιβάλλον. Διανύουμε μια περίοδο ραγδαίων τεχνολογικών αλλαγών που επιδρούν καταλυτικά στη λειτουργία των επιχειρήσεων και οργανισμών. Αυτή η ψηφιακή επανάσταση δημιουργεί νέες προκλήσεις αλλά και ευκαιρίες για το επιστημονικό πεδίο της επιχειρησιακής έρευνας.

Η επιχειρησιακή έρευνα αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο που υποστηρίζει τη λήψη βέλτιστων αποφάσεων μέσω της εφαρμογής μαθηματικών μοντέλων και τεχνικών ανάλυσης. Παραδοσιακά, χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση επιχειρηματικών λειτουργιών, τη μείωση κόστους και την αύξηση της αποδοτικότητας. Σήμερα, με την έλευση των μεγάλων δεδομένων (big data), της τεχνητής νοημοσύνης και του διαδικτύου των πραγμάτων, η επιχειρησιακή έρευνα αποκτά νέες δυνατότητες και πεδία εφαρμογής.

Όπως επισημαίνουν οι Verhoef κ.ά. (2021), ο ψηφιακός μετασχηματισμός έχει αλλάξει ριζικά τις προσδοκίες των καταναλωτών και τη λειτουργία των αγορών. Οι παραδοσιακές επιχειρήσεις δέχονται έντονες πιέσεις προσαρμογής στο νέο περιβάλλον. Για παράδειγμα, εταιρείες όπως η Amazon και η Netflix έχουν επαναπροσδιορίσει τον τρόπο αγοράς προϊόντων και κατανάλωσης περιεχομένου, αναγκάζοντας παραδοσιακούς λιανοπωλητές και εταιρείες μέσων ενημέρωσης να αναθεωρήσουν τα επιχειρηματικά τους μοντέλα.

Η ψηφιακή εποχή χαρακτηρίζεται από την παραγωγή τεράστιων όγκων δεδομένων, τη διασύνδεση ανθρώπων και συσκευών, και την αυτοματοποίηση πολύπλοκων διαδικασιών. Σε αυτό το περιβάλλον, η επιχειρησιακή έρευνα προσφέρει τα εργαλεία και τις μεθόδους για την ανάλυση αυτών των δεδομένων, τη βελτιστοποίηση διαδικασιών και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Για παράδειγμα, μπορεί να συμβάλει στη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας μιας εταιρείας ηλεκτρονικού εμπορίου, στην πρόβλεψη ζήτησης προϊόντων με βάση δεδομένα πελατών, ή στη βελτίωση της αποδοτικότητας παραγωγικών συστημάτων μέσω αυτοματοποίησης.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της εξέλιξης και προσαρμογής της επιχειρησιακής έρευνας στην ψηφιακή εποχή. Συγκεκριμένα, η εργασία στοχεύει:

1. Να παρουσιάσει με σαφήνεια τις βασικές έννοιες και μεθόδους της επιχειρησιακής έρευνας.
2. Να αναλύσει πώς οι ψηφιακές τεχνολογίες, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, τα μεγάλα δεδομένα και το διαδίκτυο των πραγμάτων, επηρεάζουν την επιχειρησιακή έρευνα.

3. Να παρουσιάσει περιπτωσιολογικές μελέτες επιτυχημένης εφαρμογής της επιχειρησιακής έρευνας σε ψηφιακά περιβάλλοντα.
4. Να εξετάσει τις μελλοντικές τάσεις και προοπτικές του πεδίου, καθώς και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει.
5. Να προτείνει τρόπους αξιοποίησης της επιχειρησιακής έρευνας από επιχειρήσεις και οργανισμούς στο σύγχρονο ψηφιακό περιβάλλον.

Μέσω της εργασίας αυτής, επιδιώκεται η ανάδειξη της επιχειρησιακής έρευνας ως ενός πολύτιμου εργαλείου για τις επιχειρήσεις που στοχεύουν στη διατήρηση της ανταγωνιστικότητάς τους στη σύγχρονη ψηφιακή οικονομία. Όπως αναφέρουν οι Reis κ.ά. (2018), οι μελέτες για τον ψηφιακό μετασχηματισμό έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, καθώς όλο και περισσότεροι ερευνητές και επαγγελματίες αναγνωρίζουν τη σημασία του για το μέλλον των επιχειρήσεων.

### Ορισμός της επιχειρησιακής έρευνας

Η επιχειρησιακή έρευνα (Operations Research) αποτελεί έναν επιστημονικό κλάδο που αξιοποιεί προηγμένες αναλυτικές μεθόδους για την υποστήριξη της λήψης βέλτιστων αποφάσεων. Συνιστά ένα διεπιστημονικό πεδίο που συνδυάζει μαθηματικά, στατιστική και επιστήμη υπολογιστών για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων επιχειρήσεων και οργανισμών.

Η ιστορία της επιχειρησιακής έρευνας ξεκίνησε ουσιαστικά κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, όταν Βρετανοί και αμερικανοί συγκρότησαν ομάδες επιστημόνων για την ανάλυση στρατιωτικών επιχειρήσεων και τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ομάδα του Patrick Blackett που συνέβαλε στη μείωση των αναγκών πυρομαχικών αντιαεροπορικού πυροβολικού για την κατάρριψη ενός εχθρικού αεροσκάφους από πάνω από 20.000 στην αρχή της Μάχης της Βρετανίας σε 4.000 το 1941 (Μαγείρου, 2012).

Μετά τον πόλεμο, οι τεχνικές της επιχειρησιακής έρευνας άρχισαν να εφαρμόζονται σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Τις δεκαετίες του 1950 και 1960, ιδρύθηκαν έδρες επιχειρησιακής έρευνας σε πανεπιστήμια των ΗΠΑ και του Ηνωμένου Βασιλείου. Σημαντικά συγγράμματα, όπως το "Linear Programming" του George Dantzig (1963) και το "Introduction to Operations Research" των Churchman και συνεργατών (1957), μεταφράστηκαν σε πολλές γλώσσες και συνέβαλαν στη διάδοση του πεδίου παγκοσμίως.

Σήμερα, η επιχειρησιακή έρευνα εφαρμόζεται σε πολυάριθμους τομείς, από αεροπορικές εταιρείες και νοσοκομεία μέχρι τράπεζες και κυβερνητικούς οργανισμούς. Συμβάλλει στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων όπως:

- Βέλτιστος προγραμματισμός εργασιακών βαρδιών
- Βελτιστοποίηση διαδρομών μεταφορικών μέσων
- Λήψη αποφάσεων για τα παραγόμενα προϊόντα και τις ποσότητές τους

- Σχεδιασμός αποτελεσματικών συστημάτων διαχείρισης αποθεμάτων
- Βέλτιστη κατανομή πόρων μεταξύ έργων ή τμημάτων

Η επιχειρησιακή έρευνα περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές τεχνικές και μεθόδους. Μεταξύ των σημαντικότερων συγκαταλέγονται:

1. **Γραμμικός προγραμματισμός:** Μέθοδος εύρεσης της βέλτιστης λύσης σε προβλήματα με γραμμικούς περιορισμούς. Για παράδειγμα, μια εταιρεία μπορεί να αξιοποιήσει το γραμμικό προγραμματισμό για τον καθορισμό της βέλτιστης ποσότητας παραγωγής κάθε προϊόντος, λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς όπως οι διαθέσιμες πρώτες ύλες και ο χρόνος παραγωγής.
2. **Μη γραμμικός προγραμματισμός:** Παρόμοιος με το γραμμικό προγραμματισμό, αλλά εφαρμόζεται σε προβλήματα όπου οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών δεν είναι γραμμικές, προσεγγίζοντας έτσι πιο ρεαλιστικά πολλά πραγματικά προβλήματα.
3. **Δυναμικός προγραμματισμός:** Μέθοδος επίλυσης σύνθετων προβλημάτων μέσω της διάσπασής τους σε απλούστερα υποπροβλήματα. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για προβλήματα που περιλαμβάνουν διαδοχικές αποφάσεις.
4. **Θεωρία ουρών αναμονής:** Μελετά τον σχηματισμό και την εξέλιξη των γραμμών αναμονής (ουρών). Εφαρμόζεται στη βελτιστοποίηση της εξυπηρέτησης πελατών σε καταστήματα, τηλεφωνικά κέντρα, νοσοκομεία κλπ.
5. **Θεωρία παιγνίων:** αναλύει την αλληλεπίδραση αποφάσεων μεταξύ διαφορετικών παικτών. Συμβάλλει στην κατανόηση ανταγωνιστικών καταστάσεων, όπως οι στρατηγικές τιμολόγησης μεταξύ ανταγωνιστικών εταιρειών.
6. **Προσομοίωση:** Δημιουργεί ψηφιακά μοντέλα πραγματικών συστημάτων για τη δοκιμή διαφορετικών σεναρίων και την πρόβλεψη αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, ένα νοσοκομείο μπορεί να αξιοποιήσει την προσομοίωση για τη διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών μεθόδων προγραμματισμού χειρουργείων στους χρόνους αναμονής των ασθενών.

Στην ψηφιακή εποχή, οι μέθοδοι αυτές έχουν ενισχυθεί σημαντικά από την αυξημένη υπολογιστική ισχύ και τη διαθεσιμότητα μεγάλων όγκων δεδομένων. Σύμφωνα με το European Journal of Operational Research, η επιχειρησιακή έρευνα δημοσιεύει υψηλής ποιότητας, πρωτότυπες εργασίες που συμβάλλουν στη μεθοδολογία της επιχειρησιακής έρευνας και στην πρακτική της λήψης αποφάσεων.

αξίζει να σημειωθεί ότι, παρά τον όρο "επιχειρησιακή" που μπορεί να παραπέμπει στις επιχειρήσεις, η επιχειρησιακή έρευνα εφαρμόζεται σε ένα ευρύτερο φάσμα οργανισμών και προβλημάτων. Ο όρος αναφέρεται περισσότερο στις διαδικασίες ή

λειτουργίες, όχι αποκλειστικά στις εμπορικές επιχειρήσεις. Έτσι, η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί να εφαρμοστεί εξίσου αποτελεσματικά σε δημόσιους οργανισμούς, μη κερδοσκοπικές οργανώσεις, στρατιωτικές επιχειρήσεις και πολλά άλλα πλαίσια (Πραστάκος, 2006).

### Σημασία της επιχειρησιακής έρευνας στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή

Στη σημερινή ψηφιακή εποχή, η επιχειρησιακή έρευνα αποκτά ακόμη μεγαλύτερη σημασία. Ζούμε σε έναν κόσμο που μεταβάλλεται με ταχύτατους ρυθμούς, όπου οι τεχνολογικές εξελίξεις δημιουργούν συνεχώς νέες προκλήσεις και ευκαιρίες για τις επιχειρήσεις. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν αποτελεί απλώς μια τάση - είναι μια θεμελιώδης αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων και οργανισμών.

Σύμφωνα με τα προγράμματα ψηφιακού μετασχηματισμού του Πανεπιστημίου Stanford, οι ηγέτες και τα στελέχη χρειάζονται νέες τεχνολογίες και μεθόδους για συνεχή καινοτομία, επανασχεδιασμό διαδικασιών και βελτίωση της εμπειρίας των πελατών. Αυτό απαιτεί νέες δεξιότητες, νέα εργαλεία και νέους τρόπους σκέψης.

ας εξετάσουμε τους κύριους λόγους για τους οποίους η επιχειρησιακή έρευνα είναι τόσο σημαντική στην ψηφιακή εποχή:

#### Διαχείριση αυξανόμενης πολυπλοκότητας

Ο ψηφιακός κόσμος χαρακτηρίζεται από εξαιρετική πολυπλοκότητα. Οι επιχειρήσεις λειτουργούν σε παγκόσμιο επίπεδο, με σύνθετες εφοδιαστικές αλυσίδες, πολλαπλά κανάλια πωλήσεων και αμέτρητα σημεία επαφής με τους πελάτες. Για παράδειγμα, μια εταιρεία λιανικής πώλησης όπως η Walmart διαθέτει χιλιάδες καταστήματα, εκατομμύρια προϊόντα, πολύπλοκα συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων και παγκόσμιο δίκτυο προμηθευτών. Η διαχείριση όλων αυτών απαιτεί εξαιρετικά σύνθετες αποφάσεις.

Η επιχειρησιακή έρευνα προσφέρει τα εργαλεία για τη διαχείριση αυτής της πολυπλοκότητας. Μέσω μαθηματικών μοντέλων και αλγορίθμων βελτιστοποίησης, μπορεί να εντοπίσει τις βέλτιστες λύσεις σε προβλήματα με εκατομμύρια μεταβλητές και περιορισμούς - κάτι αδύνατο για τον ανθρώπινο νου.

Όπως επισημαίνει ο Vial (2019), στην ψηφιακή εποχή διαθέτουμε περισσότερες πληροφορίες, υπολογιστική ισχύ, επικοινωνία και συνδεσιμότητα από ποτέ. Αυτό επιτρέπει νέες μορφές συνεργασίας μεταξύ δικτύων που είναι διασκορπισμένα σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Ωστόσο, αυτή η αυξημένη συνδεσιμότητα δημιουργεί επίσης νέα επίπεδα πολυπλοκότητας που μόνο με προηγμένες αναλυτικές μεθόδους μπορούν να αντιμετωπιστούν (Ματσατσίνης και Ζοπουνίδης, 2010).

#### Αξιοποίηση μεγάλων δεδομένων (Big Data)

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της ψηφιακής εποχής είναι η τεράστια ποσότητα δεδομένων που παράγεται καθημερινά. Από τις συναλλαγές πιστωτικών καρτών και

τις αναζητήσεις στο Google μέχρι τις αναρτήσεις στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και τα δεδομένα αισθητήρων του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), παράγουμε περισσότερα δεδομένα από ποτέ.

αυτά τα δεδομένα είναι πολύτιμα μόνο εφόσον μπορούμε να τα αναλύσουμε και να εξάγουμε χρήσιμες πληροφορίες. Εδώ υπεισέρχεται η επιχειρησιακή έρευνα. Με τεχνικές όπως η στατιστική ανάλυση, η μηχανική μάθηση και η εξόρυξη δεδομένων (data mining), μπορεί να μετατρέψει τα ακατέργαστα δεδομένα σε πολύτιμες επιχειρηματικές πληροφορίες.

Για παράδειγμα, η Netflix χρησιμοποιεί προηγμένους αλγόριθμους για την ανάλυση των προτιμήσεων των θεατών και την πρόταση περιεχομένου που πιθανότατα θα τους αρέσει. Αυτό δεν βελτιώνει μόνο την εμπειρία των χρηστών, αλλά επίσης βοηθά την εταιρεία να αποφασίσει ποιες νέες σειρές και ταινίες να παράγει. Αυτή η προσέγγιση έχει οδηγήσει σε επιτυχίες όπως το "House of Cards" και το "Stranger Things".

Σύμφωνα με τους Kraus κ.ά. (2021), οι τέσσερις βασικές τεχνολογίες που ωθούν τον ψηφιακό μετασχηματισμό είναι η κινητή τεχνολογία, τα μεγάλα δεδομένα, το υπολογιστικό νέφος και οι εφαρμογές που βασίζονται σε αναζήτηση. Η επιχειρησιακή έρευνα παρέχει τα εργαλεία για την αξιοποίηση αυτών των τεχνολογιών για τη λήψη καλύτερων αποφάσεων.

#### Αυτοματοποίηση και βελτιστοποίηση διαδικασιών

Η ψηφιακή εποχή έχει επιταχύνει την αυτοματοποίηση πολλών επιχειρηματικών διαδικασιών. Από ρομπότ σε αποθήκες μέχρι αυτόματα συστήματα εξυπηρέτησης πελατών, οι μηχανές αναλαμβάνουν όλο και περισσότερες εργασίες που παραδοσιακά εκτελούνταν από ανθρώπους.

Η επιχειρησιακή έρευνα διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στη βελτιστοποίηση αυτών των αυτοματοποιημένων συστημάτων. Για παράδειγμα, η Amazon αξιοποιεί προηγμένους αλγόριθμους για τον καθορισμό της βέλτιστης διάταξης των προϊόντων στις αποθήκες της, των βέλτιστων διαδρομών για τα ρομπότ που συλλέγουν τα προϊόντα, και των αποτελεσματικότερων τρόπων συσκευασίας και αποστολής των παραγγελιών.

Οι Xia κ.ά. (2023) τονίζουν ότι η ψηφιοποίηση είναι όλο και πιο σημαντική για τις κατασκευαστικές επιχειρήσεις που στοχεύουν στη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής τους. Για παράδειγμα, η "έξυπνη" κατασκευή (smart manufacturing) αξιοποιεί αισθητήρες, μηχανική μάθηση και επιχειρησιακή έρευνα για την πρόβλεψη και πρόληψη βλαβών εξοπλισμού, τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας και την αύξηση της ποιότητας των προϊόντων.

#### Ταχύτητα και ευελιξία στη λήψη αποφάσεων

Στην ψηφιακή οικονομία, οι επιχειρήσεις πρέπει να κινούνται γρήγορα. Οι αγορές μεταβάλλονται ταχύτατα, οι καταναλωτές έχουν υψηλές προσδοκίες, και οι

ανταγωνιστές μπορούν να εμφανιστούν από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου. Οι επιχειρήσεις πρέπει να λαμβάνουν γρήγορες αποφάσεις και να προσαρμόζονται συνεχώς.

Η επιχειρησιακή έρευνα βοηθά τις επιχειρήσεις να αυξήσουν την ταχύτητα και την ευελιξία τους. Με αυτοματοποιημένα συστήματα λήψης αποφάσεων και αλγόριθμους πραγματικού χρόνου, οι επιχειρήσεις μπορούν να αντιδρούν άμεσα σε αλλαγές της αγοράς και να προσαρμόζουν ανάλογα τις στρατηγικές τους.

Για παράδειγμα, οι αεροπορικές εταιρείες χρησιμοποιούν συστήματα δυναμικής τιμολόγησης που προσαρμόζουν τις τιμές των εισιτηρίων σε πραγματικό χρόνο με βάση τη ζήτηση, τις διαθέσιμες θέσεις, τις τιμές των ανταγωνιστών και άλλους παράγοντες. Αυτό τους επιτρέπει να μεγιστοποιούν τα έσοδα και να παραμένουν ανταγωνιστικές σε μια αγορά που αλλάζει διαρκώς.

Η ψηφιακή οικονομία δημιουργεί πολλές ευκαιρίες για εφαρμογές επιχειρησιακής έρευνας, με διάφορους τομείς του κλάδου να ανταποκρίνονται δυναμικά. Αυτό έχει οδηγήσει σε αξιοσημείωτες επιτυχίες σε τομείς όπως οι χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, οι ηλεκτρονικές αγορές, οι υποδομές δικτύων, τα εργαλεία λογισμικού OR, η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας και οι υπηρεσίες που σχετίζονται με τα ταξίδια.

#### Αντιμετώπιση παγκόσμιων προκλήσεων

Τέλος, η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση μερικών από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της εποχής μας, όπως η κλιματική αλλαγή, η διαχείριση των φυσικών πόρων, η φτώχεια και οι επιδημίες.

Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, η επιχειρησιακή έρευνα αξιοποιήθηκε για τη βελτιστοποίηση της κατανομής των εμβολίων, την πρόβλεψη της εξάπλωσης του ιού και το σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών περιορισμού. Παρόμοια, η επιχειρησιακή έρευνα εφαρμόζεται στη βελτιστοποίηση της παραγωγής ανανεώσιμης ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και τη βελτίωση της αποδοτικότητας των πόρων.

Καθώς οι παγκόσμιες προκλήσεις γίνονται πιο πολύπλοκες και διασυνδεδεμένες, η ανάγκη για προηγμένες αναλυτικές μεθόδους όπως η επιχειρησιακή έρευνα γίνεται όλο και πιο επιτακτική. Αυτό αναγνωρίζεται από κορυφαία ακαδημαϊκά ιδρύματα όπως το MIT και το Stanford, που προσφέρουν προγράμματα ψηφιακού μετασχηματισμού με έμφαση στην ανάλυση δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων.

Συνοψίζοντας, στην ψηφιακή εποχή, η επιχειρησιακή έρευνα δεν είναι απλώς χρήσιμη - είναι απαραίτητη. Παρέχει τα εργαλεία και τις μεθόδους για τη διαχείριση της πολυπλοκότητας, την αξιοποίηση των δεδομένων, τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών, την αύξηση της ευελιξίας και την αντιμετώπιση των μεγάλων προκλήσεων της εποχής μας. Οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί που αξιοποιούν την

επιχειρησιακή έρευνα θα είναι καλύτερα προετοιμασμένοι για να ευδοκιμήσουν στο συνεχώς μεταβαλλόμενο ψηφιακό τοπίο (Μπελιάς και Κουστέλιος, 2014).

#### 1.4 Δομή της εργασίας

Η παρούσα εργασία είναι οργανωμένη σε εννέα κεφάλαια, καθένα από τα οποία εξετάζει διαφορετικές πτυχές της επιχειρησιακής έρευνας στην ψηφιακή εποχή. Παρακάτω παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή του περιεχομένου κάθε κεφαλαίου:

**Κεφάλαιο 1:** Εισαγωγή Το πρώτο κεφάλαιο εισάγει το θέμα της εργασίας, εξηγεί το σκοπό της, παρουσιάζει τον ορισμό της επιχειρησιακής έρευνας, αναλύει τη σημασία της στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή και περιγράφει τη δομή της εργασίας, λειτουργώντας ως οδηγός για το περιεχόμενο των επόμενων κεφαλαίων.

**Κεφάλαιο 2:** Ιστορική αναδρομή της επιχειρησιακής έρευνας Στο δεύτερο κεφάλαιο, εξετάζουμε την ιστορική εξέλιξη της επιχειρησιακής έρευνας. Παρακολουθούμε τις απαρχές της στον 17ο αιώνα με τις εργασίες μαθηματικών όπως οι Blaise Pascal και Christiaan Huygens, την ανάπτυξη της κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, την επέκτασή της στον επιχειρηματικό κόσμο μετά τον πόλεμο, και τέλος, τη μετάβασή της στην ψηφιακή εποχή.

**Κεφάλαιο 3:** Βασικές μεθοδολογίες επιχειρησιακής έρευνας Το τρίτο κεφάλαιο εμβαθύνει στις βασικές μεθόδους και τεχνικές της επιχειρησιακής έρευνας: γραμμικό προγραμματισμό, μη γραμμικό προγραμματισμό, δυναμικό προγραμματισμό, θεωρία ουρών αναμονής, θεωρία παιγνίων και προσομοίωση. Κάθε μέθοδος παρουσιάζεται με απλά παραδείγματα από την καθημερινή ζωή και τον επιχειρηματικό κόσμο.

**Κεφάλαιο 4:** Επιχειρησιακή έρευνα και ψηφιακός μετασχηματισμός Στο τέταρτο κεφάλαιο, εξετάζουμε τη σύνδεση μεταξύ επιχειρησιακής έρευνας και ψηφιακού μετασχηματισμού, τις επιδράσεις των ψηφιακών τεχνολογιών στην επιχειρησιακή έρευνα και τις νέες προκλήσεις και ευκαιρίες που προκύπτουν.

**Κεφάλαιο 5:** αναλυτική μεγάλων δεδομένων και επιχειρησιακή έρευνα Το πέμπτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στη σχέση μεταξύ της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και της επιχειρησιακής έρευνας, με έμφαση στις τεχνικές ανάλυσης και στο πώς η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί να αξιοποιήσει τα μεγάλα δεδομένα για τη λήψη καλύτερων αποφάσεων.

**Κεφάλαιο 6:** Τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση στην επιχειρησιακή έρευνα Στο έκτο κεφάλαιο, διερευνούμε πώς η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση επηρεάζουν και ενισχύουν την επιχειρησιακή έρευνα, με παραδείγματα εφαρμογών από την αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων βελτιστοποίησης μέχρι τη βελτίωση της εξυπηρέτησης πελατών.

**Κεφάλαιο 7:** Σύγχρονες εφαρμογές της επιχειρησιακής έρευνας Το έβδομο κεφάλαιο εξετάζει πώς η επιχειρησιακή έρευνα εφαρμόζεται σήμερα σε διάφορους

τομείς όπως διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας, χρηματοοικονομική ανάλυση, βελτιστοποίηση παραγωγής, διαχείριση πόρων και υγειονομική περίθαλψη.

**Κεφάλαιο 8:** Μελλοντικές τάσεις και προοπτικές Στο όγδοο κεφάλαιο, διερευνούμε το μέλλον της επιχειρησιακής έρευνας, τις νέες τεχνολογίες που αναμένεται να την επηρεάσουν, τις προκλήσεις και ευκαιρίες για τους επαγγελματίες του κλάδου, και τα ηθικά ζητήματα που προκύπτουν.

**Κεφάλαιο 9:** Συμπεράσματα Στο τελευταίο κεφάλαιο, συνοψίζουμε τα βασικά ευρήματα, προσφέρουμε μια συνολική αποτίμηση του ρόλου της επιχειρησιακής έρευνας στην ψηφιακή εποχή, και παρουσιάζουμε προτάσεις για την αξιοποίησή της από επιχειρήσεις και οργανισμούς.

Μέσα από αυτή τη δομή, η εργασία επιδιώκει να προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα της επιχειρησιακής έρευνας στην ψηφιακή εποχή, ξεκινώντας από τις βασικές έννοιες και τεχνικές, προχωρώντας στις σύγχρονες εφαρμογές και καταλήγοντας στις μελλοντικές τάσεις και προοπτικές. Όπως επισημαίνουν οι Holmlund κ.ά. (2020), ο συνεχιζόμενος και πανταχού παρών ψηφιακός μετασχηματισμός αναγκάζει τις επιχειρήσεις να επανεξετάσουν τις στρατηγικές και τις λειτουργίες τους, και τους ακαδημαϊκούς να αναθεωρήσουν τις θεωρίες τους. Η παρούσα εργασία φιλοδοξεί να συμβάλει σε αυτή τη συζήτηση, παρέχοντας χρήσιμες γνώσεις και προτάσεις για την αξιοποίηση της επιχειρησιακής έρευνας στο νέο ψηφιακό περιβάλλον.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η ιστορική αναδρομή της επιχειρησιακής έρευνας αποκαλύπτει τη διαχρονική εξέλιξη ενός επιστημονικού πεδίου που έχει μετασχηματίσει τον τρόπο λήψης αποφάσεων σε επιχειρήσεις και οργανισμούς. Ξεκινώντας από τις πρώτες μαθηματικές συνεισφορές των Pascal και Huygens τον 17ο αιώνα, διερχόμενη από τα θεμελιώδη έργα των Newton, Leibnitz και Lagrange τον 18ο αιώνα, και εμπλουτιζόμενη από τις καινοτομίες του Babbage και του Taylor τον 19ο αιώνα, η επιχειρησιακή έρευνα γνώρισε την επίσημη καθιέρωσή της κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Η περίοδος αυτή σηματοδοτεί τη συστηματική εφαρμογή επιστημονικών μεθόδων για την επίλυση στρατιωτικών προβλημάτων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την ομάδα του Blackett που πέτυχε εντυπωσιακά αποτελέσματα στην αντιαεροπορική άμυνα. Η μεταπολεμική περίοδος χαρακτηρίστηκε από την εξάπλωση των μεθόδων της επιχειρησιακής έρευνας στον πολιτικό τομέα, την ανάπτυξη θεμελιωδών αλγορίθμων όπως ο simplex, τη θεσμοθέτηση του κλάδου μέσω επιστημονικών εταιρειών και περιοδικών, και την επέκτασή του σε ποικίλους τομείς εφαρμογών. Η ψηφιακή εποχή, από τη δεκαετία του 1980 μέχρι σήμερα, έχει επιφέρει επαναστατικές αλλαγές στην επιχειρησιακή έρευνα, με την εκθετική αύξηση της υπολογιστικής ισχύος, την εμφάνιση των μεγάλων δεδομένων και την ενσωμάτωση τεχνολογιών όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση.

### **1.1 από τις απαρχές μέχρι τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο**

αν και η επιχειρησιακή έρευνα καθιερώθηκε επίσημα ως ξεχωριστό επιστημονικό πεδίο κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, οι ρίζες της εντοπίζονται αιώνες νωρίτερα. Οι πρώτες ιδέες που σχετίζονται με την επιχειρησιακή έρευνα εμφανίστηκαν τον 17ο αιώνα, όταν σημαντικοί μαθηματικοί όπως οι Blaise Pascal και Christiaan Huygens άρχισαν να αναπτύσσουν μαθηματικά εργαλεία για τη λήψη αποφάσεων σε συνθήκες αβεβαιότητας (Μαγείρου, 2012). Το γνωστό "πρόβλημα των σημείων" που επίλυσαν, αφορούσε τον δίκαιο διαμοιρασμό χρημάτων σε τυχερά παιχνίδια που διακόπτονταν πριν ολοκληρωθούν.

Τον 18ο αιώνα, μαθηματικοί όπως οι Newton, Leibnitz και Lagrange συνέβαλαν στην ανάπτυξη τεχνικών βελτιστοποίησης, ενώ ο Γάλλος μαθηματικός Fourier διατύπωσε τις πρώτες μεθόδους που αργότερα εξελίχθηκαν στον Γραμμικό Προγραμματισμό.

Μία κρίσιμη προσωπικότητα στην ιστορία της επιχειρησιακής έρευνας ήταν ο Charles Babbage (1791-1871). Ο Babbage, περισσότερο γνωστός για την εργασία του στους πρώτους μηχανικούς υπολογιστές, συνέβαλε επίσης στην ανάλυση του κόστους μεταφοράς και ταξινόμησης της αλληλογραφίας, οδηγώντας στην καθιέρωση του συστήματος "Penny Post" στην αγγλία το 1840. Πολλοί τον θεωρούν "πατέρα της επιχειρησιακής έρευνας".

Η βιομηχανική επανάσταση του 19ου αιώνα έφερε νέες προκλήσεις οργάνωσης που απαιτούσαν συστηματικές προσεγγίσεις. Στα τέλη του 19ου αιώνα, η εργασία του Frederick W. Taylor πάνω στην επιστημονική διαχείριση (Scientific Management) αποτέλεσε σημαντικό ορόσημο. Ο Taylor εισήγαγε τη χρονομέτρηση εργασιών και την ανάλυση κινήσεων για την εύρεση των αποδοτικότερων μεθόδων παραγωγής (Πραστάκος, 2006).

## **1.2 Η γέννηση της σύγχρονης επιχειρησιακής έρευνας κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο**

Η επιχειρησιακή έρευνα ως διακριτός επιστημονικός κλάδος γεννήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1930. Ο όρος "επιχειρησιακή έρευνα" (operational research) εμφανίστηκε πρώτα στη Βρετανία, όπου χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει την επιστημονική έρευνα που στόχευε στην ενσωμάτωση της νέας τεχνολογίας ραντάρ στις τακτικές της Βασιλικής αεροπορίας.

Το 1937, ο A.P. Rowe, διευθυντής του Ερευνητικού Σταθμού Bawdsey, συγκρότησε μια ομάδα επιστημόνων με στόχο τη βελτιστοποίηση της χρήσης του ραντάρ για τον εντοπισμό εχθρικών αεροσκαφών. Η ομάδα αυτή μελέτησε όχι μόνο τεχνικά ζητήματα, αλλά και τη συμπεριφορά του προσωπικού - των χειριστών ραντάρ, των πιλότων και των διοικητών.

Μία από τις πλέον αναγνωρισμένες ομάδες της εποχής ήταν αυτή του P.M.S. Blackett, που έγινε γνωστή ως "Blackett's Circus" λόγω της διεπιστημονικής σύνθεσής της. Η ομάδα πέτυχε εντυπωσιακά αποτελέσματα, όπως η μείωση του αριθμού των αντιαεροπορικών πυρομαχικών που απαιτούνταν για την κατάρριψη ενός εχθρικού αεροσκάφους από πάνω από 20.000 σε μόλις 4.000.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της αποτελεσματικότητας της επιχειρησιακής έρευνας ήταν η ανάλυση της "Γραμμής Kamhuber", του γερμανικού συστήματος αεράμυνας. Οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι εάν πολλά βομβαρδιστικά πετούσαν ταυτόχρονα, θα υπερφόρτωναν το σύστημα, οδηγώντας στην τακτική του "bomber stream" (ροή βομβαρδιστών) που μείωσε σημαντικά τις απώλειες της RAF (Μπελιάς και Κουστέλιος, 2014).

Στις ΗΠΑ, παράλληλες εξελίξεις οδήγησαν στη δημιουργία του έργου SCOP (Scientific Computation Of Optimum Programs) το 1942, στο οποίο εργάστηκε ο George Dantzig, ο οποίος αργότερα ανέπτυξε τον αλγόριθμο simplex, μια θεμελιώδη μέθοδο επίλυσης προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού.

## **1.3 Η ανάπτυξη της επιχειρησιακής έρευνας μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο (1945-1980)**

Μετά τον πόλεμο, η επιτυχία της επιχειρησιακής έρευνας στις στρατιωτικές εφαρμογές οδήγησε στη γρήγορη εξάπλωσή της στον πολιτικό τομέα. Οι επιστήμονες που είχαν εργαστεί σε ομάδες επιχειρησιακής έρευνας κατά τη διάρκεια του πολέμου μετέφεραν τις γνώσεις τους στις επιχειρήσεις και τη βιομηχανία.

Ένα σημαντικό ορόσημο ήταν η ανάπτυξη του αλγόριθμου simplex από τον George Dantzig το 1947, που επέτρεπε την αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού. Ο αλγόριθμος αυτός εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ευρέως και σήμερα.

Τη δεκαετία του 1950, η επιχειρησιακή έρευνα καθιερώθηκε ως επιστημονικός κλάδος. Ιδρύθηκαν οι πρώτες επιστημονικές εταιρείες, όπως η Operation Research Society of America (ORSA) το 1952 και το Institute for Management Science (TIMS) το 1953, που αργότερα συγχωνεύτηκαν στο INFORMS. Παράλληλα, δημιουργήθηκαν τα πρώτα επιστημονικά περιοδικά, όπως το Operational Research Quarterly στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1950.

Τις δεκαετίες του 1950 και 1960, η επιχειρησιακή έρευνα καθιερώθηκε ως ακαδημαϊκό αντικείμενο με την ίδρυση εδρών σε πανεπιστήμια, με την πρώτη έδρα να δημιουργείται στο Πανεπιστήμιο του Lancaster το 1964.

Η αυξημένη διαθεσιμότητα υπολογιστών τη δεκαετία του 1960 επέτρεψε την αντιμετώπιση πιο σύνθετων προβλημάτων, ενώ αναπτύχθηκαν νέοι τομείς όπως η θεωρία παιγνίων, ο δυναμικός προγραμματισμός και η θεωρία ουρών αναμονής (Μπελιάς και Κουστέλιος, 2014).

Τη δεκαετία του 1970, η επιχειρησιακή έρευνα επεκτάθηκε σε νέους τομείς όπως η υγεία, οι μεταφορές και η ενέργεια, ενώ δημιουργήθηκαν εξειδικευμένα λογισμικά που έκαναν τις μεθόδους της πιο προσιτές σε ένα ευρύτερο κοινό επαγγελματιών.

#### **1.4 Η μετάβαση στην ψηφιακή εποχή (1980-σήμερα)**

από τη δεκαετία του 1980 μέχρι σήμερα, η εκθετική αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και η ανάπτυξη της τεχνολογίας των πληροφοριών έχουν μετασχηματίσει ριζικά την επιχειρησιακή έρευνα. Όπως αναφέρεται στη Βικιπαίδεια (2024), με την εξέλιξη των υπολογιστών τις τελευταίες δεκαετίες, η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί πλέον να επιλύσει προβλήματα με εκατοντάδες χιλιάδες μεταβλητές και περιορισμούς.

Παράλληλα, η εκθετική αύξηση των διαθέσιμων δεδομένων έχει δημιουργήσει νέες ευκαιρίες και προκλήσεις. Η ανάλυση "μεγάλων δεδομένων" (big data) απαιτεί νέες τεχνικές και προσεγγίσεις, όπως παράλληλους και κατανεμημένους αλγόριθμους.

Η ψηφιακή εποχή έχει επίσης εισαγάγει νέες τεχνολογίες που έχουν επηρεάσει βαθιά την επιχειρησιακή έρευνα. Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση έχουν προσφέρει νέα εργαλεία για την ανάλυση δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων. Όπως αναφέρουν οι Kraus κ.ά. (2021), οι τέσσερις βασικές τεχνολογίες που ωθούν τον ψηφιακό μετασχηματισμό είναι η κινητή τεχνολογία, τα μεγάλα δεδομένα, το υπολογιστικό νέφος και οι εφαρμογές που βασίζονται σε αναζήτηση.

Σύμφωνα με τους Ματσατσίνης και Ζοπουνίδης (2010), στη σύγχρονη εποχή, η επιχειρησιακή έρευνα έχει εξελιχθεί από έναν τομέα που ασχολείται κυρίως με

στρατιωτικά ζητήματα σε έναν επιστημονικό κλάδο με πολυάριθμες εφαρμογές στην επιχειρηματική δραστηριότητα και τον ψηφιακό μετασχηματισμό.

Μια σημαντική αλλαγή είναι η μετάβαση από τη στατική, περιοδική ανάλυση στη δυναμική, συνεχή βελτιστοποίηση. Με την αυξημένη διαθεσιμότητα δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, είναι πλέον εφικτή η συνεχής βελτιστοποίηση που προσαρμόζεται σε μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Σήμερα, η επιχειρησιακή έρευνα εφαρμόζεται σε ένα ευρύ φάσμα τομέων, από την υγειονομική περίθαλψη και τις μεταφορές μέχρι τα χρηματοοικονομικά και τις τηλεπικοινωνίες. Όπως επισημαίνεται στην εγκυκλοπαίδεια Britannica, παρά την ταχεία ανάπτυξή της, η επιχειρησιακή έρευνα εξακολουθεί να είναι ένα σχετικά νέο πεδίο, με το μεγαλύτερο μέρος της ιστορίας της να βρίσκεται ακόμα μπροστά της.

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Η ιστορική διαδρομή της επιχειρησιακής έρευνας αναδεικνύει τη διαρκή προσαρμοστικότητα και εξέλιξη του πεδίου απέναντι στις μεταβαλλόμενες τεχνολογικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες. Από τις μαθηματικές αναζητήσεις των πρώτων αιώνων, στις στρατιωτικές εφαρμογές του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, και από την επιχειρηματική καθιέρωση της μεταπολεμικής περιόδου μέχρι τις πολύπλοκες ψηφιακές εφαρμογές του σήμερα, η επιχειρησιακή έρευνα έχει διαμορφωθεί ως ένα δυναμικό, διεπιστημονικό πεδίο που συνδυάζει μαθηματικά, στατιστική, πληροφορική και επιχειρηματική γνώση. Η μετάβαση από τη στατική στη δυναμική βελτιστοποίηση και η αξιοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο αντικατοπτρίζουν την προσαρμογή της στις σύγχρονες απαιτήσεις. Όπως επισημαίνεται στην εγκυκλοπαίδεια Britannica, παρά την εντυπωσιακή πορεία της, η επιχειρησιακή έρευνα παραμένει ένα σχετικά νέο επιστημονικό πεδίο με απεριόριστες δυνατότητες περαιτέρω ανάπτυξης και εφαρμογής. Καθώς εισερχόμαστε βαθύτερα στην ψηφιακή εποχή, η επιχειρησιακή έρευνα αναμένεται να διαδραματίσει ακόμη πιο καθοριστικό ρόλο στην αντιμετώπιση των πολύπλοκων προκλήσεων που αντιμετωπίζουν επιχειρήσεις, οργανισμοί και κοινωνίες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιχειρησιακή έρευνα διαθέτει ένα πλούσιο σύνολο μεθόδων και τεχνικών που υποστηρίζουν τη λήψη αποφάσεων και τη βελτιστοποίηση συστημάτων. Στην ψηφιακή εποχή, οι παραδοσιακές μεθοδολογίες έχουν ενισχυθεί σημαντικά από την αυξημένη υπολογιστική ισχύ, τα μεγάλα δεδομένα και τις νέες τεχνολογίες.

Σε αυτό το κεφάλαιο, εξετάζουμε έξι θεμελιώδεις μεθοδολογίες: γραμμικό προγραμματισμό, μη γραμμικό προγραμματισμό, δυναμικό προγραμματισμό, θεωρία ουρών αναμονής, θεωρία παιγνίων και προσομοίωση.

### 2.1 Γραμμικός προγραμματισμός

#### 2.1.1 Βασικές αρχές και ορισμοί

Ο γραμμικός προγραμματισμός (Linear Programming - LP) είναι τεχνική βελτιστοποίησης που στοχεύει στην εύρεση της βέλτιστης τιμής μιας γραμμικής αντικειμενικής συνάρτησης, υπό την επίδραση γραμμικών περιορισμών.

Όπως αναφέρει ο Dantzig (2002), "Ο γραμμικός προγραμματισμός χρησιμοποιείται όταν προσπαθούμε να μεγιστοποιήσουμε (ή να ελαχιστοποιήσουμε) μια γραμμική συνάρτηση πολλών μεταβλητών, και όταν αυτές οι μεταβλητές υπόκεινται σε περιορισμούς".

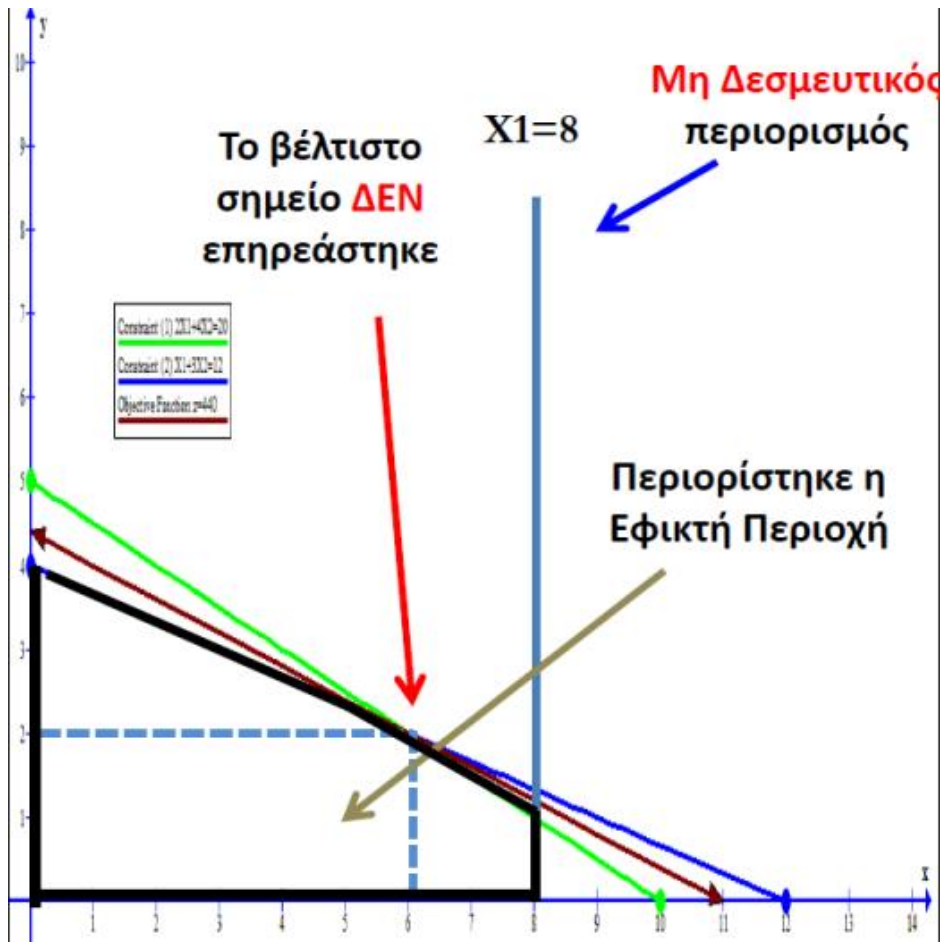
Ένα πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού αποτελείται από:

1. **Μεταβλητές απόφασης:** Οι άγνωστες ποσότητες που επιδιώκουμε να προσδιορίσουμε.
2. **αντικειμενική συνάρτηση:** Η μαθηματική έκφραση που επιθυμούμε να μεγιστοποιήσουμε ή να ελαχιστοποιήσουμε.
3. **Περιορισμοί:** Οι συνθήκες που πρέπει να ικανοποιούνται από τις μεταβλητές απόφασης.

#### 2.1.2 Τεχνικές επίλυσης και εφαρμογές στην ψηφιακή εποχή

Οι κύριες μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων γραμμικού προγραμματισμού είναι:

1. **Γραφική μέθοδος:** Για προβλήματα με δύο μεταβλητές.
2. **Μέθοδος Simplex:** αλγεβρική διαδικασία που κινείται από τη μία εφικτή λύση στην άλλη.
3. **Μέθοδος εσωτερικού σημείου:** αποτελεσματική για μεγάλα προβλήματα.



Σχήμα 1 - Παράδειγμα γραφικής παράστασης προβλήματος Γραμμικού Προγραμματισμού - Πηγή: <https://www.econ.upatras.gr/course/epicheirisiaki-ereyna/>

Στην ψηφιακή εποχή, ο γραμμικός προγραμματισμός εφαρμόζεται σε πολυάριθμους τομείς:

- Ψηφιακή αγροτική παραγωγή
- Έξυπνα συστήματα διαχείρισης ενέργειας
- Βελτιστοποίηση αλυσίδας εφοδιασμού
- Χρηματοοικονομικό τομέα

Τα βασικά πλεονεκτήματα του γραμμικού προγραμματισμού είναι η απλότητα, η εύκολη υλοποίηση και η διαθεσιμότητα αποτελεσματικών αλγορίθμων. Οι περιορισμοί του περιλαμβάνουν την απαίτηση γραμμικότητας και την αδυναμία μοντελοποίησης μη γραμμικών σχέσεων.

## 2.2 Μη γραμμικός προγραμματισμός

### 2.2.1 Βασικές αρχές και εφαρμογές

Ο μη γραμμικός προγραμματισμός (Nonlinear Programming - NLP) επεκτείνει τις δυνατότητες του γραμμικού προγραμματισμού σε προβλήματα όπου οι σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών δεν είναι γραμμικές, επιτρέποντας τη μοντελοποίηση πιο ρεαλιστικών προβλημάτων.

Οι κύριες μέθοδοι επίλυσης περιλαμβάνουν τη μέθοδο κλίσης, τη μέθοδο Newton, τον κοίλο προγραμματισμό και τη θεωρία δυισμού.

Στην ψηφιακή εποχή, ο μη γραμμικός προγραμματισμός εφαρμόζεται στη βελτιστοποίηση μηχανικής μάθησης, το σχεδιασμό δικτύων, τον έλεγχο ρομποτικών συστημάτων, τα συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τα χρηματοοικονομικά μοντέλα.

αν και προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία από τον γραμμικό προγραμματισμό, έχει μεγαλύτερη υπολογιστική πολυπλοκότητα και συχνά οδηγεί σε τοπικά αντί για ολικά βέλτιστα.

### 2.3 Δυναμικός προγραμματισμός

Ο δυναμικός προγραμματισμός (Dynamic Programming - DP) είναι μεθοδολογία για τη λήψη διαδοχικών αποφάσεων σε πολλαπλά στάδια, αναπτυσόμενη από τον Richard Bellman τη δεκαετία του 1950. Βασίζεται στην αρχή της βελτιστοποίησης, σύμφωνα με την οποία μια βέλτιστη πολιτική έχει την ιδιότητα ότι οι υπόλοιπες αποφάσεις πρέπει να αποτελούν βέλτιστη πολιτική σχετικά με την κατάσταση που προκύπτει από την πρώτη απόφαση.

Οι τεχνικές επίλυσης περιλαμβάνουν την οπισθοδρομική επαγωγή, την εμπροσθοδρομική επαγωγή και την αποθήκευση υπο-λύσεων.

Στην ψηφιακή εποχή, ο δυναμικός προγραμματισμός εφαρμόζεται στη βελτιστοποίηση διαδρομών στο διαδίκτυο, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, το σχεδιασμό βάσεων δεδομένων, τα χρηματοοικονομικά μοντέλα και τους αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης.

Τα πλεονεκτήματά του περιλαμβάνουν την ικανότητα επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων πολλαπλών σταδίων και την εύρεση ολικού βέλτιστου, ενώ οι περιορισμοί του περιλαμβάνουν υψηλές απαιτήσεις μνήμης για προβλήματα με πολλές καταστάσεις (curse of dimensionality).

### 2.4 Θεωρία ουρών αναμονής

Η θεωρία ουρών αναμονής (Queueing Theory) είναι η μαθηματική μελέτη των ουρών ή γραμμών αναμονής, αναπτυσόμενη αρχικά από τον Agner Krarup Erlang στις αρχές του 20ού αιώνα για την ανάλυση της συμφόρησης στα τηλεφωνικά δίκτυα.

Ένα σύστημα ουράς αναμονής αποτελείται από τη διαδικασία άφιξης, το μηχανισμό εξυπηρέτησης, το πλήθος εξυπηρετητών, τη χωρητικότητα συστήματος, το μέγεθος πληθυσμού και την πειθαρχία ουράς.

Τα κοινά μαθηματικά μοντέλα ουρών αναμονής, που περιγράφονται με τη συμβολογραφία του Kendall (A/B/C), περιλαμβάνουν τα M/M/1, M/M/c, M/G/1 και G/G/1.

Στην ψηφιακή εποχή, η θεωρία ουρών αναμονής εφαρμόζεται στο σχεδιασμό δικτύων πληροφορικής, τη λειτουργία κέντρων δεδομένων, τα συστήματα υπολογιστικού νέφους, τις υπηρεσίες streaming και τα συστήματα αντιμετώπισης έκτακτων περιστατικών (Χία κ.ά., 2023).

Παρέχει ποσοτική ανάλυση των συστημάτων αναμονής και βοηθά στην εύρεση της βέλτιστης ισορροπίας μεταξύ κόστους εξυπηρέτησης και κόστους αναμονής, αλλά οι παραδοχές των μαθηματικών μοντέλων μπορεί να απλουστεύουν υπερβολικά την πραγματικότητα.

## 2.5 Θεωρία παιγνίων

Η θεωρία παιγνίων (Game Theory) μελετά τις στρατηγικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ ορθολογικών παικτών. Αναπτύχθηκε κυρίως από τους John von Neumann και Oskar Morgenstern στη δεκαετία του 1940.

Σύμφωνα με τον Μαγείρου (2012), τα βασικά στοιχεία της περιλαμβάνουν τους παίκτες, τις στρατηγικές, τα αποτελέσματα, τις ανταμοιβές και την ισορροπία (μια κατάσταση όπου κανένας παίκτης δεν έχει κίνητρο να αλλάξει τη στρατηγική του).

Οι τεχνικές επίλυσης περιλαμβάνουν την εύρεση σημείου ισορροπίας Nash, την επίλυση παιγνίων μηδενικού αθροίσματος, την εκτεταμένη μορφή και προς τα πίσω επαγωγή, και τις μικτές στρατηγικές.

Στην ψηφιακή εποχή, η θεωρία παιγνίων εφαρμόζεται στην κυβερνοασφάλεια, τις αγορές ηλεκτρονικού εμπορίου, τις ψηφιακές πλατφόρμες, την τιμολόγηση και διαφήμιση στο διαδίκτυο, τα συστήματα συστάσεων και τις αγορές ενέργειας.

		Θεσμοί-Πιστωτές	
		Win	Loose
Ελληνική Κυβέρνηση	Win	<p>Οι Θ-Π δέχονται ένα σημαντικό μέρος των Ελληνικών απαιτήσεων και χρηματοδοτούν εκ νέου την Ελλάδα.</p> <p>Η Ε.Κ. προωθεί σημαντικές μεταρρυθμίσεις που ενισχύουν την ανταγωνιστικότητα της Οικονομίας</p> <p>(Σενάριο W-W)</p>	<p>Οι Θ-Π εκτιμούν ότι θα χάσουν περισσότερα από μία στάση πληρωμών από ότι αν συμβιβαστούν με την Ε.Κ.</p> <p>Η Ε.Κ. καταφέρνει να περάσει τις περισσότερες προτάσεις χωρίς σημαντικές υπαναχωρήσεις</p> <p>(Σενάριο W-L)</p>
	Loose	<p>Οι Θ-Π επιβάλλουν τις απαιτήσεις τους</p> <p>Η Ε.Κ. βρίσκεται σε αδιέξοδο, εκτιμά ότι πρέπει να αποφύγει τη στάση πληρωμών και υποχωρεί πλήρως από τις αρχικές δεσμεύσεις της</p> <p>(Σενάριο L-W)</p>	<p>Οι Θ-Π εκτιμούν ότι μία χρεοκοπία της Ελλάδας θα τους κοστίσει λιγότερο από ένα συμβιβασμό με την Ελληνική Κυβέρνηση</p> <p>Η Ε.Κ. αποφασίζει να μην υπαναχωρήσει από τις δεσμεύσεις της και οδηγεί τη χώρα σε στάση πληρωμών</p> <p>(Σενάριο L-L)</p>

Σχήμα 2 - Ρεαλιστικό Παράδειγμα Προβλήματος Θεωρίας Παιγνίων - Πηγή: metronanalysis.gr

Παρέχει ένα πλαίσιο για την ανάλυση στρατηγικών αλληλεπιδράσεων και βοηθά στην κατανόηση της συμπεριφοράς σε ανταγωνιστικά περιβάλλοντα, αλλά η υπόθεση πλήρους ορθολογικότητας των παικτών μπορεί να μην ισχύει στην πραγματικότητα.

## 2.6 Προσομοίωση

Η προσομοίωση (Simulation) είναι τεχνική που μιμείται τη λειτουργία ενός πραγματικού συστήματος σε βάθος χρόνου, επιτρέποντας την ανάλυση της συμπεριφοράς του και την αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι προσομοίωσης, όπως η ντετερμινιστική έναντι στοχαστικής, η συνεχής έναντι διακριτής, η στατική έναντι δυναμικής, η φυσική προσομοίωση και η προσομοίωση Monte Carlo.

Στην ψηφιακή εποχή, η προσομοίωση εφαρμόζεται στη βελτιστοποίηση συστημάτων παραγωγής, την ανάλυση συστημάτων πληροφορικής, την εκπαίδευση, τη βελτιστοποίηση εφοδιαστικής αλυσίδας, τη χρηματοοικονομική ανάλυση, τα έξυπνα συστήματα μεταφορών και την εικονική/επταυξημένη πραγματικότητα.

Επιτρέπει τη μελέτη συστημάτων χωρίς παρέμβαση στη λειτουργία τους και παρέχει ένα ασφαλές περιβάλλον για τη δοκιμή σεναρίων, αλλά η ακρίβειά της εξαρτάται από την ακρίβεια του μοντέλου και των δεδομένων εισόδου.

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Οι έξι βασικές μεθοδολογίες της επιχειρησιακής έρευνας που εξετάσαμε έχουν εξελιχθεί και προσαρμοστεί στην ψηφιακή εποχή, επωφελούμενες από την αυξημένη υπολογιστική ισχύ, τα μεγάλα δεδομένα και τις νέες τεχνολογίες.

Κάθε μεθοδολογία έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και περιορισμούς, και η επιλογή της κατάλληλης εξαρτάται από τη φύση του προβλήματος, τα διαθέσιμα δεδομένα και τους στόχους της ανάλυσης. Συχνά, οι πιο αποτελεσματικές λύσεις προκύπτουν από το συνδυασμό διαφορετικών μεθοδολογιών.

Η σύγκλιση της επιχειρησιακής έρευνας με την τεχνητή νοημοσύνη, τη μηχανική μάθηση και άλλες ψηφιακές τεχνολογίες δημιουργεί νέες δυνατότητες για την αντιμετώπιση ακόμα πιο πολύπλοκων προβλημάτων και τη λήψη καλύτερων αποφάσεων στο σύγχρονο ψηφιακό περιβάλλον.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η έννοια του ψηφιακού μετασχηματισμού αποτελεί μια θεμελιώδη αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων, η οποία βασίζεται στην ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών σε όλα τα επίπεδα της επιχειρηματικής δραστηριότητας. Πρόκειται για μια ολοκληρωμένη και συνεχή διαδικασία που επηρεάζει όλες τις πτυχές μιας επιχείρησης, από τις εσωτερικές διαδικασίες μέχρι την αλληλεπίδραση με τους πελάτες, αξιοποιώντας τεχνολογίες όπως τα μεγάλα δεδομένα, η τεχνητή νοημοσύνη, το cloud computing και το Internet of Things. Ωστόσο, ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν περιορίζεται μόνο στην εισαγωγή νέων τεχνολογιών, αλλά απαιτεί και μια βαθιά πολιτιστική αλλαγή που ενθαρρύνει την καινοτομία, την ευελιξία και τη συνεχή μάθηση, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να επανεξετάσουν τις υφιστάμενες διαδικασίες τους, να αναβαθμίσουν την τεχνολογική τους υποδομή και να καλλιεργήσουν μια κουλτούρα ψηφιακού προσανατολισμού με στόχο τη βελτίωση της εμπειρίας των πελατών, τη δημιουργία νέας αξίας γι' αυτούς και τον ανασχεδιασμό των επιχειρηματικών μοντέλων.

### **3.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά του ψηφιακού μετασχηματισμού**

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός αποτελεί μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί στη σύγχρονη εποχή. Πρόκειται για μια θεμελιώδη αλλαγή στον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων μέσω της αξιοποίησης των ψηφιακών τεχνολογιών.

Ψηφιακός μετασχηματισμός (digital transformation) αποκαλείται η ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών σε όλα τα πεδία μιας επιχείρησης, με στόχο την πραγματοποίηση θεμελιωδών αλλαγών στον τρόπο με τον οποίο αυτή λειτουργεί και δημιουργεί αξία για τους πελάτες της.

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2023) ορίζει τον ψηφιακό μετασχηματισμό ως τη διείσδυση των ψηφιακών τεχνολογιών στις επιχειρήσεις και τον αντίκτυπο των τεχνολογιών στην κοινωνία. Επίσης επισημαίνεται ότι τεχνολογίες όπως οι ψηφιακές πλατφόρμες, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), το υπολογιστικό νέφος (cloud computing), η τεχνολογία blockchain και η τεχνητή νοημοσύνη είναι από τις βασικές τεχνολογίες που επηρεάζουν αυτόν τον μετασχηματισμό.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του ψηφιακού μετασχηματισμού, είναι ότι αναφέρεται και σε μια πολιτιστική αλλαγή, που απαιτεί από τις εταιρείες να αμφισβητούν συνεχώς τις δεδομένες συνθήκες και να πειραματίζονται συχνά. Αυτό υποδηλώνει ότι ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν αφορά μόνο την εισαγωγή νέων τεχνολογιών, αλλά και τη διαμόρφωση μιας νέας εταιρικής κουλτούρας που ενθαρρύνει την καινοτομία και την προσαρμοστικότητα.

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός έχει επίσης χαρακτηριστεί ως η ενσωμάτωση της τεχνολογίας σε κάθε πτυχή μιας επιχείρησης για τη βελτίωση των λειτουργιών της. Περιλαμβάνει την επανεξέταση των υφιστάμενων διαδικασιών, την αναβάθμιση της τεχνολογικής υποδομής και την καλλιέργεια μιας κουλτούρας ψηφιακού προσανατολισμού.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του ψηφιακού μετασχηματισμού μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

1. **Ολοκληρωμένη προσέγγιση:** Ο ψηφιακός μετασχηματισμός επηρεάζει όλες τις πτυχές της επιχείρησης, από τις εσωτερικές διαδικασίες μέχρι την αλληλεπίδραση με τους πελάτες.
2. **Συνεχής διαδικασία:** Δεν πρόκειται για ένα έργο με αρχή και τέλος, αλλά για μια συνεχή διαδικασία προσαρμογής στις νέες τεχνολογικές εξελίξεις και τις μεταβαλλόμενες ανάγκες της αγοράς.
3. **αξιοποίηση ψηφιακών τεχνολογιών:** Βασίζεται στην αξιοποίηση τεχνολογιών όπως τα μεγάλα δεδομένα, η τεχνητή νοημοσύνη, το cloud computing, το IoT, τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και οι κινητές τεχνολογίες.
4. **Πολιτιστική αλλαγή:** απαιτεί αλλαγή νοοτροπίας και εταιρικής κουλτούρας, με έμφαση στην καινοτομία, την ευελιξία και τη συνεχή μάθηση.
5. **Επίκεντρο στην αξία για τον πελάτη:** Στοχεύει στη βελτίωση της εμπειρίας των πελατών και στη δημιουργία νέας αξίας γι' αυτούς.
6. **ανασχεδιασμός επιχειρηματικών μοντέλων:** Οδηγεί συχνά σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα και νέους τρόπους δημιουργίας εσόδων.

Η κατανόηση αυτών των χαρακτηριστικών είναι ουσιώδης για τις επιχειρήσεις που επιδιώκουν να εφαρμόσουν επιτυχημένα τον ψηφιακό τους μετασχηματισμό και να παραμείνουν ανταγωνιστικές στο συνεχώς μεταβαλλόμενο ψηφιακό περιβάλλον.

### 3.2 Ο ρόλος των ψηφιακών τεχνολογιών στην επιχειρησιακή έρευνα

Οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο που εφαρμόζεται η επιχειρησιακή έρευνα. Η αυξημένη υπολογιστική ισχύς, τα μεγάλα δεδομένα, η τεχνητή νοημοσύνη και άλλες ψηφιακές τεχνολογίες έχουν επεκτείνει τις δυνατότητες της επιχειρησιακής έρευνας και έχουν διευρύνει το πεδίο εφαρμογής της.

#### 3.2.1 Επίδραση της αυξημένης υπολογιστικής ισχύος

Η εκθετική αύξηση της υπολογιστικής ισχύος τις τελευταίες δεκαετίες έχει επιτρέψει την επίλυση προβλημάτων επιχειρησιακής έρευνας που παλαιότερα ήταν αδύνατο να αντιμετωπιστούν. Όπως αναφέρεται στη Βικιπαίδεια (2024), με την ανάπτυξη των υπολογιστών τις τελευταίες δεκαετίες, η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί πλέον να επιλύσει προβλήματα με εκατοντάδες χιλιάδες μεταβλητές και περιορισμούς. Αυτό

έχει επιτρέψει την εφαρμογή πιο πολύπλοκων και ρεαλιστικών μαθηματικών μοντέλων και αλγορίθμων, οδηγώντας σε πιο ακριβείς και βέλτιστες λύσεις.

Επιπλέον, οι σύγχρονες υπολογιστικές υποδομές επιτρέπουν την παράλληλη επεξεργασία και την κατανομημένη υπολογιστική (distributed computing), επιταχύνοντας την επίλυση περίπλοκων προβλημάτων βελτιστοποίησης. Τεχνολογίες όπως το cloud computing επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να αποκτήσουν πρόσβαση σε υπολογιστική ισχύ κατά παραγγελία, χωρίς να χρειάζεται να επενδύσουν σε ακριβό εξοπλισμό.

### **3.2.2 Επίδραση των μεγάλων δεδομένων (Big Data)**

Τα μεγάλα δεδομένα έχουν αλλάξει ριζικά τον τρόπο που η επιχειρησιακή έρευνα συλλέγει, αναλύει και αξιοποιεί πληροφορίες. Παραδοσιακά, τα μοντέλα επιχειρησιακής έρευνας βασίζονταν σε περιορισμένα σύνολα δεδομένων. Σήμερα, με την έκρηξη των διαθέσιμων δεδομένων από διάφορες πηγές (μέσα κοινωνικής δικτύωσης, αισθητήρες IoT, συναλλαγές πελατών κ.λπ.), τα μοντέλα μπορούν να είναι πιο ακριβή και να λαμβάνουν υπόψη πολύ περισσότερες παραμέτρους.

Όπως αναφέρουν οι Fosso Wamba κ.ά. (2018), τα μεγάλα δεδομένα έχουν εμπλουτίσει τις μεθόδους επιχειρησιακής έρευνας και έχουν επιτρέψει την εφαρμογή νέων αναλυτικών τεχνικών.

### **3.2.3 Επίδραση της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής μάθησης**

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και η μηχανική μάθηση (ML) έχουν εισαγάγει νέες προσεγγίσεις στην επίλυση προβλημάτων επιχειρησιακής έρευνας. Σύμφωνα με την πρόσφατη έρευνα των Ghaddar κ.ά. (2024), η ταχεία πρόοδος των τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης έχει ανοίξει νέες ευκαιρίες για την επανάσταση σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της επιχειρησιακής έρευνας.

Οι τεχνικές μηχανικής μάθησης επιτρέπουν την ανάπτυξη προσαρμοστικών μοντέλων που βελτιώνονται με την πάροδο του χρόνου, καθώς "μαθαίνουν" από νέα δεδομένα. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για προβλήματα όπου οι παραδοσιακές μέθοδοι επιχειρησιακής έρευνας μπορεί να δυσκολεύονται, όπως η πρόβλεψη της ζήτησης ή η βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού σε δυναμικά περιβάλλοντα.

Επιπλέον, οι νευρωνικοί αλγόριθμοι και τα συστήματα βαθιάς μάθησης (deep learning) μπορούν να αναγνωρίσουν σύνθετα πρότυπα σε μεγάλα σύνολα δεδομένων, επιτρέποντας πιο ακριβείς προβλέψεις και καλύτερες αποφάσεις. Για παράδειγμα, τα Γραφικά Νευρωνικά Δίκτυα (Graph Neural Networks) χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης, όπως ο γραμμικός προγραμματισμός και ο μικτός ακέραιος γραμμικός προγραμματισμός.

### **3.2.4 Ολοκληρωμένα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων**

Οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν επιτρέψει την ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support Systems - DSS) που

συνδυάζουν τις μεθόδους της επιχειρησιακής έρευνας με προηγμένες αναλυτικές τεχνικές. Αυτά τα συστήματα παρέχουν στους διαχειριστές επιχειρήσεων εργαλεία για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, βασισμένων σε δεδομένα και αναλυτικές μεθόδους.

Όπως επισημαίνεται στην έρευνα για την "Εξηγήσιμη Τεχνητή Νοημοσύνη για την Επιχειρησιακή Έρευνα" (ScienceDirect, 2023), η ικανότητα κατανόησης και εξήγησης των αποτελεσμάτων των μεθόδων ανάλυσης δεδομένων, όσον αφορά την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων, έχει καταστεί κρίσιμη απαίτηση για πολλές εφαρμογές.

### 3.3 Προκλήσεις και ευκαιρίες για την επιχειρησιακή έρευνα στην ψηφιακή εποχή

Η ψηφιακή εποχή δημιουργεί τόσο προκλήσεις όσο και ευκαιρίες για το πεδίο της επιχειρησιακής έρευνας. Η κατανόηση αυτών είναι κρίσιμη για την αποτελεσματική αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρει ο ψηφιακός μετασχηματισμός.

#### 3.3.1 Προκλήσεις

1. **Διαχείριση της πολυπλοκότητας:** Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των επιχειρηματικών συστημάτων και διαδικασιών απαιτεί πιο εξελιγμένα μοντέλα και μεθόδους επιχειρησιακής έρευνας. Οι επιχειρήσεις λειτουργούν σε παγκόσμια κλίμακα, με πολύπλοκες αλυσίδες εφοδιασμού και αλληλεξαρτώμενα συστήματα, καθιστώντας τη μοντελοποίηση και βελτιστοποίηση εξαιρετικά απαιτητικές.
2. **Ταχεία τεχνολογική εξέλιξη:** Οι τεχνολογίες και τα εργαλεία εξελίσσονται με ραγδαίους ρυθμούς, απαιτώντας συνεχή ενημέρωση και προσαρμογή των μεθόδων επιχειρησιακής έρευνας. Οι επαγγελματίες πρέπει να παρακολουθούν τις εξελίξεις σε τομείς όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η μηχανική μάθηση και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων.
3. **Απαιτήσεις για αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο:** Στο σημερινό ταχύτατο επιχειρηματικό περιβάλλον, οι αποφάσεις πρέπει συχνά να λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο. Αυτό απαιτεί αλγόριθμους και συστήματα που μπορούν να επεξεργάζονται δεδομένα και να παρέχουν λύσεις γρήγορα, χωρίς να θυσιάζουν την ποιότητα.
4. **Ζητήματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας δεδομένων:** Καθώς οι επιχειρήσεις συλλέγουν και αναλύουν όλο και περισσότερα δεδομένα, προκύπτουν ζητήματα σχετικά με την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα αυτών των δεδομένων. Οι μέθοδοι επιχειρησιακής έρευνας πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους περιορισμούς που επιβάλλουν οι κανονισμοί προστασίας δεδομένων, όπως ο GDPR.
5. **Έλλειψη εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού:** Υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση για επαγγελματίες με γνώσεις τόσο στην επιχειρησιακή έρευνα όσο και στις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες, όπως η ανάλυση μεγάλων δεδομένων και η τεχνητή νοημοσύνη. Σύμφωνα με μελέτη του ΕΚΤ (2024), η ενίσχυση των ψηφιακών

δεξιοτήτων του προσωπικού αποτελεί προτεραιότητα για την πλειονότητα των επιχειρήσεων (πολύ σημαντική στρατηγική για το 43% και σημαντική στρατηγική για το 41%).

### 3.3.2 Ευκαιρίες

1. **Βελτιωμένη λήψη αποφάσεων:** Η συγκέντρωση και ανάλυση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων επιτρέπει πιο τεκμηριωμένες και ακριβείς αποφάσεις. Οι τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας, όταν συνδυάζονται με σύγχρονες αναλυτικές μεθόδους, μπορούν να αποκαλύψουν πρότυπα και συσχετίσεις που δεν ήταν προηγουμένως εμφανείς.
2. **αυτοματοποίηση διαδικασιών:** Ο συνδυασμός επιχειρησιακής έρευνας και τεχνητής νοημοσύνης επιτρέπει την αυτοματοποίηση πολύπλοκων διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα και να μειώσει το κόστος, απελευθερώνοντας παράλληλα ανθρώπινους πόρους για πιο δημιουργικές εργασίες.
3. **Εξατομίκευση προϊόντων και υπηρεσιών:** Η ανάλυση δεδομένων μεγάλης κλίμακας επιτρέπει στις επιχειρήσεις να προσφέρουν πιο εξατομικευμένα προϊόντα και υπηρεσίες. Οι τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας μπορούν να βοηθήσουν στην προβλεψιμότητα της συμπεριφοράς των πελατών και στη βελτιστοποίηση των στρατηγικών marketing.
4. **Διείσδυση σε νέους τομείς:** Οι μέθοδοι επιχειρησιακής έρευνας βρίσκουν εφαρμογή σε νέους τομείς που αναδύονται από την ψηφιακή επανάσταση, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο, τα έξυπνα δίκτυα ενέργειας, η διαχείριση έξυπνων πόλεων και η εξατομικευμένη ιατρική. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2023), οι ψηφιακές πλατφόρμες, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, το υπολογιστικό νέφος, τεχνολογία blockchain και η τεχνητή νοημοσύνη είναι ορισμένες από τις τεχνολογίες που επηρεάζουν τομείς όπως είναι οι μεταφορές η ενέργεια, ο αγροδιατροφικός κλάδος, οι τηλεπικοινωνίες, οι χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες, η εργοστασιακή παραγωγή και η υγειονομική περίθαλψη.
5. **Συνεργατική έρευνα και ανάπτυξη:** Η ψηφιακή συνδεσιμότητα διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ ερευνητών, ακαδημαϊκών και επαγγελματιών από διαφορετικά πεδία και γεωγραφικές περιοχές. Αυτό οδηγεί σε διεπιστημονικές προσεγγίσεις και καινοτόμες λύσεις σε σύνθετα προβλήματα.
6. **αντιμετώπιση παγκόσμιων προκλήσεων:** Η επιχειρησιακή έρευνα στην ψηφιακή εποχή μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση μεγάλων παγκόσμιων προκλήσεων, όπως η κλιματική αλλαγή, η διαχείριση φυσικών πόρων, η βιωσιμότητα και οι πανδημίες. Τα εργαλεία μοντελοποίησης και βελτιστοποίησης μπορούν να βοηθήσουν στον σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών για αυτά τα πολύπλοκα προβλήματα.

### 3.4 Εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στον ψηφιακό μετασχηματισμό επιχειρήσεων

Η επιχειρησιακή έρευνα διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στον ψηφιακό μετασχηματισμό των επιχειρήσεων, παρέχοντας μεθόδους και εργαλεία για τη βελτιστοποίηση διαδικασιών, τη λήψη αποφάσεων και την αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων που προκύπτουν κατά τη μετάβαση στο ψηφιακό περιβάλλον.

#### 3.4.1 Στρατηγική ψηφιακού μετασχηματισμού

Η επιχειρησιακή έρευνα συμβάλλει στη διαμόρφωση της στρατηγικής ψηφιακού μετασχηματισμού μέσω της ανάλυσης δεδομένων, της μοντελοποίησης σεναρίων και της αξιολόγησης εναλλακτικών επιλογών. Οι τεχνικές βελτιστοποίησης βοηθούν τις επιχειρήσεις να καθορίσουν τη βέλτιστη κατανομή πόρων και τον χρονικό προγραμματισμό των έργων ψηφιακού μετασχηματισμού.

Σύμφωνα με έρευνα του Εθνικού Κέντρου Τεκμηρίωσης (ΕΚΤ, 2024), ο ψηφιακός μετασχηματισμός αποτελεί κεντρική στρατηγική ανάπτυξης για 8 στις 10 επιχειρήσεις με δραστηριότητες Έρευνας & ανάπτυξης. Αυτό υποδηλώνει τη σημασία που αποδίδουν οι επιχειρήσεις στον ψηφιακό μετασχηματισμό για τη μελλοντική τους ανάπτυξη και ανταγωνιστικότητα.

#### 3.4.2 Βελτιστοποίηση επιχειρησιακών διαδικασιών

Η επιχειρησιακή έρευνα προσφέρει εργαλεία για τη βελτιστοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών στο πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού. Μέσω της μοντελοποίησης και ανάλυσης των υφιστάμενων διαδικασιών, μπορούν να εντοπιστούν σημεία συμφόρησης, αναποτελεσματικότητας και ευκαιρίες βελτίωσης.

Όπως αναφέρεται στην έρευνα "Artificial Intelligence for Operations Research: Revolutionizing the Operations Research Process" (Ghaddar κ.ά., 2024), η ταχεία πρόοδος των τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης έχει ανοίξει νέες ευκαιρίες για την επανάσταση σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της επιχειρησιακής έρευνας. Αυτό επιτρέπει την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στη διαδικασία επιχειρησιακής έρευνας για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητάς της σε διάφορα στάδια, όπως η δημιουργία παραμέτρων, η διατύπωση μοντέλων και η βελτιστοποίηση μοντέλων.

#### 3.4.3 Ανάλυση δεδομένων και λήψη αποφάσεων

Ο συνδυασμός της επιχειρησιακής έρευνας και της ανάλυσης δεδομένων επιτρέπει στις επιχειρήσεις να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις κατά τη διάρκεια του ψηφιακού μετασχηματισμού τους. Οι τεχνικές προβλεπτικής ανάλυσης και μηχανικής μάθησης μπορούν να αξιοποιηθούν για την πρόβλεψη τάσεων, την κατανόηση της συμπεριφοράς των πελατών και τη βελτιστοποίηση των επιχειρηματικών αποφάσεων.

Σύμφωνα με τους Owoseni (2023) και άλλους ερευνητές, η συγχώνευση της ανάλυσης δεδομένων και της τεχνητής νοημοσύνης θα επιτρέψει στους

οργανισμούς να λαμβάνουν ενισχυμένες αποφάσεις, φέρνοντας επανάσταση στις στρατηγικές και τις λειτουργίες τους (Emerald Insight, 2024).

#### 3.4.4 Βελτιστοποίηση της εμπειρίας πελατών

Η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί να συμβάλει στη βελτιστοποίηση της εμπειρίας των πελατών, που αποτελεί κεντρικό στόχο πολλών πρωτοβουλιών ψηφιακού μετασχηματισμού. Μέσω της ανάλυσης δεδομένων πελατών, της πρόβλεψης συμπεριφοράς και της βελτιστοποίησης των σημείων επαφής, οι επιχειρήσεις μπορούν να προσφέρουν πιο εξατομικευμένες και ικανοποιητικές εμπειρίες.

Η μελέτη "Organizational digital transformation: from evolution to future trends" (Owoseni, 2024) αναφέρει ότι η υπερ-εξατομίκευση και η προσαρμογή θα αποκτήσουν μεγαλύτερη σημασία, καθώς η προηγμένη ανάλυση και η τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπουν στους οργανισμούς να προσαρμόζουν τις προσφορές τους με αξιοσημείωτη ακρίβεια, δημιουργώντας βαθιά αντηχητικές εμπειρίες για τους πελάτες.

#### 3.4.5 Περιπτωσιολογικές μελέτες επιτυχημένης εφαρμογής

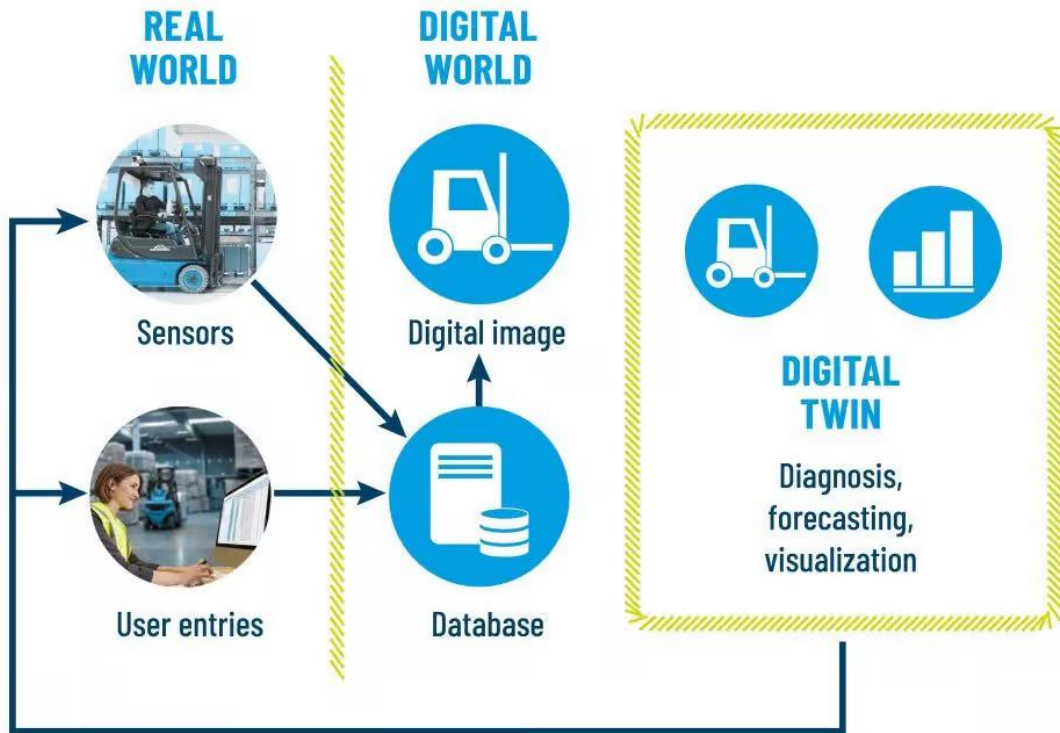
Υπάρχουν πολλά παραδείγματα επιχειρήσεων που έχουν χρησιμοποιήσει με επιτυχία την επιχειρησιακή έρευνα στο πλαίσιο του ψηφιακού τους μετασχηματισμού. Για παράδειγμα, η Amazon χρησιμοποιεί προηγμένους αλγόριθμους βελτιστοποίησης για τη διαχείριση των αποθεμάτων της, τον προγραμματισμό των παραδόσεων και την εξατομίκευση των προτάσεων προϊόντων. Παρομοίως, η Netflix αξιοποιεί την ανάλυση δεδομένων και τους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη των προτιμήσεων των θεατών και τη βελτιστοποίηση του περιεχομένου που παράγει.

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με το ΕΚΤ (2024), το 2020, στο πλαίσιο της αντιμετώπισης της κρίσης που προκάλεσε η πανδημία, η πλειονότητα των επιχειρήσεων υιοθέτησε κυρίως στρατηγικές με αναπτυξιακό χαρακτήρα και αποτύπωμα. Σχεδόν 9 στις 10 επιχειρήσεις υιοθέτησαν μεθόδους τηλεργασίας για την απασχόληση του προσωπικού τους, 6 στις 10 επιχειρήσεις έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στον ψηφιακό τους μετασχηματισμό και σχεδόν 3 στις 10 επιχειρήσεις άλλαξαν το επιχειρησιακό τους μοντέλο για την παραγωγή αγαθών ή υπηρεσιών προσαρμοσμένων στις νέες συνθήκες.

#### 3.4.6 Ψηφιακά δίδυμα και μοντέλα προσομοίωσης

Τα ψηφιακά δίδυμα (digital twins) αποτελούν μια από τις πιο καινοτόμες εφαρμογές της επιχειρησιακής έρευνας στο πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού. Πρόκειται για εικονικές αναπαραστάσεις φυσικών, τεχνητών ή κοινωνικών συστημάτων που μπορούν να προσφέρουν σημαντικά οφέλη στις επιχειρήσεις.

### Digital twin example



Σχήμα 3 - Γραφικό Παράδειγμα σχεδιασμού Digital Twins από την εταιρία Logistics identpro. Πηγή <https://identpro.de/en/tech-blog-en/everything-at-a-glance-the-digital-twin-in-intralogistics/> - Ανακτήθηκε 5/5/2025

Τα ψηφιακά δίδυμα συνδυάζουν υπολογιστικά μοντέλα με το φυσικό τους αντίστοιχο, δημιουργώντας ένα σύστημα που μπορεί να προσομοιώνει, να προβλέπει και να βελτιστοποιεί τη λειτουργία του φυσικού αντικειμένου ή συστήματος (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2024). Αυτή η αμφίδρομη αλληλεπίδραση μεταξύ μοντέλων και δεδομένων προσδίδει στα ψηφιακά δίδυμα μια δυναμική φύση που ξεπερνά τις παραδοσιακές δυνατότητες μοντελοποίησης και προσομοίωσης, δημιουργώντας μια εικονική αναπαράσταση που εξελίσσεται μαζί με το σύστημα σε πραγματικό χρόνο.

Οι εφαρμογές των ψηφιακών διδύμων στις επιχειρήσεις είναι πολυάριθμες και διαρκώς αυξανόμενες:

1. **Βιομηχανική παραγωγή:** Η Siemens έχει υιοθετήσει την τεχνολογία ψηφιακών διδύμων και IoT, επαναστατικοποιώντας την προσέγγισή της στη βιομηχανική αυτοματοποίηση, μειώνοντας σημαντικά το χρόνο διάθεσης στην αγορά και το λειτουργικό κόστος, ενώ παράλληλα βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων και την καινοτομία (DigitalDefynd, 2024).
2. **Διαχείριση υποδομών:** Τα ψηφιακά δίδυμα μπορούν να δημιουργήσουν εικονικά μοντέλα υποδομών με σκοπό την προσομοίωση, πρόβλεψη και

βελτίωση της απόδοσης μηχανημάτων και διαδικασιών πριν από την πραγματική τους εφαρμογή (Tandfonline, 2021).

3. **Ενέργεια:** Στον τομέα του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, τα ψηφιακά δίδυμα παρέχουν μια δυναμική προβολή των φυσικών περιουσιακών στοιχείων και λειτουργιών, προσφέροντας παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και προγνωστικές πληροφορίες για εξέδρες γεώτρησης, αγωγούς και διυλιστήρια (Hexagon, 2024).
4. **Κατασκευαστικός τομέας:** Τα ψηφιακά δίδυμα αναδιαμορφώνουν τον κατασκευαστικό τομέα βελτιώνοντας τον σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη συντήρηση κτιρίων, μέσω της δημιουργίας λεπτομερών εικονικών μοντέλων που επιτρέπουν ακριβείς προσομοιώσεις και αποτελεσματική λήψη αποφάσεων (Hexagon, 2024).

Η παγκόσμια αγορά ψηφιακών διδύμων αναμένεται να αυξηθεί από 16,55 δις € το 2024 σε 242,11 δις € έως το 2032 (CAGR 39,8%). Αναδυόμενες τάσεις περιλαμβάνουν ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης (AI integration), ομοσπονδιακά ψηφιακά δίδυμα (federated digital twins) και διείσδυση στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT penetration).



Σχήμα 4 - Γραφικό Παράδειγμα Στοιχείων Που συμπεριλαμβάνονται σε digital twins για ολόκληρη εφοδιαστική αλυσίδα - Πηγή DHL.com

3.4.7 Μετασχηματισμός επιχειρηματικών μοντέλων (Business model transformation)  
Ο ψηφιακός μετασχηματισμός δεν περιορίζεται στην αναβάθμιση των τεχνολογικών υποδομών και την αυτοματοποίηση διαδικασιών, αλλά συχνά απαιτεί τον ριζικό επανασχεδιασμό των επιχειρηματικών μοντέλων. Η επιχειρησιακή έρευνα

διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία, παρέχοντας τα εργαλεία και τις μεθόδους για τον σχεδιασμό, την αξιολόγηση και την εφαρμογή νέων επιχειρηματικών μοντέλων που αξιοποιούν πλήρως τις δυνατότητες των ψηφιακών τεχνολογιών.

### **Η ανάγκη για μετασχηματισμό επιχειρηματικών μοντέλων:**

Η ψηφιακή εποχή έχει αλλάξει δραματικά το επιχειρηματικό τοπίο, δημιουργώντας επιτακτική ανάγκη για μετασχηματισμό των παραδοσιακών επιχειρηματικών μοντέλων. Σύμφωνα με έρευνα της IBM (2024), το 85% των διευθυντικών στελεχών δηλώνει ότι η τεχνητή νοημοσύνη θα καταστήσει δυνατή την καινοτομία των επιχειρηματικών μοντέλων και το 89% εκτιμά ότι θα οδηγήσει σε καινοτομία προϊόντων και υπηρεσιών τα επόμενα τρία χρόνια. Αυτό υποδηλώνει ότι οι επιχειρήσεις αντιλαμβάνονται την τεχνητή νοημοσύνη και τις ψηφιακές τεχνολογίες ως καταλύτες θεμελιωδών αλλαγών στον τρόπο δημιουργίας και παροχής αξίας.

Ωστόσο, υπάρχει ένα σημαντικό χάσμα μεταξύ της αναγνώρισης της σημασίας του μετασχηματισμού και της πραγματικής δέσμευσης πόρων. Η έρευνα "PwC's 2024 Digital Trends in Operations Survey" αναφέρει ότι λιγότερες από το ένα τρίτο των επιχειρήσεων σχεδιάζουν επενδύσεις σε καινοτομίες που στοχεύουν στην εξερεύνηση νέων τρόπων δημιουργίας αξίας ή στην εφαρμογή διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων (CIO, 2025). Αυτό το χάσμα αναδεικνύει την πρόκληση που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις στην πορεία του ψηφιακού μετασχηματισμού τους.

### **Ο ρόλος της επιχειρησιακής έρευνας στον μετασχηματισμό επιχειρηματικών μοντέλων:**

Η επιχειρησιακή έρευνα παρέχει ένα ισχυρό πλαίσιο και μεθοδολογίες που υποστηρίζουν τις επιχειρήσεις στον σχεδιασμό και την υλοποίηση νέων επιχειρηματικών μοντέλων:

1. **ανάλυση σεναρίων και μοντελοποίηση (scenario analysis and modeling):** Η επιχειρησιακή έρευνα επιτρέπει την ανάπτυξη και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων επιχειρηματικών μοντέλων, προσδιορίζοντας κινδύνους, ευκαιρίες και πιθανές αποδόσεις κάθε επιλογής (Baycik & Gowda, 2024). Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στις επιχειρήσεις να εξετάσουν τις πιθανές επιπτώσεις διαφορετικών στρατηγικών πριν δεσμεύσουν σημαντικούς πόρους.
2. **Βελτιστοποίηση πόρων (resource optimization):** Οι τεχνικές βελτιστοποίησης της επιχειρησιακής έρευνας βοηθούν στον προσδιορισμό της βέλτιστης κατανομής πόρων σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα, μεγιστοποιώντας την αποδοτικότητα και ελαχιστοποιώντας το κόστος και τους κινδύνους (IBM, 2024). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς οι επιχειρήσεις πρέπει συχνά να διαχειριστούν περιορισμένους πόρους κατά τη διάρκεια του μετασχηματισμού τους.

3. **Προβλεπτικά μοντέλα (predictive models):** Η επιχειρησιακή έρευνα χρησιμοποιεί τεχνικές μηχανικής μάθησης και προηγμένης αναλυτικής για την πρόβλεψη της απόδοσης διαφορετικών επιχειρηματικών μοντέλων υπό ποικίλες συνθήκες αγοράς (Emerald Insight, 2024). Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να προσομοιώσουν μελλοντικά σενάρια και να προετοιμαστούν για πιθανές προκλήσεις.
4. **Υποστήριξη αποφάσεων (decision support):** Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που βασίζονται στην επιχειρησιακή έρευνα βοηθούν τα στελέχη να αξιολογήσουν εναλλακτικές επιλογές και να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με τον μετασχηματισμό των επιχειρηματικών μοντέλων (De Bock κ.α., 2023). Αυτά τα συστήματα μπορούν να ενσωματώσουν πολλαπλά κριτήρια και να παρουσιάσουν τα αποτελέσματα με τρόπο εύκολα κατανοητό από τους λήπτες αποφάσεων.

### Περιπτωσιολογικές μελέτες μετασχηματισμού επιχειρηματικών μοντέλων

Πολλές επιχειρήσεις έχουν επιτύχει αξιοσημείωτο μετασχηματισμό των επιχειρηματικών τους μοντέλων με τη βοήθεια της επιχειρησιακής έρευνας και των ψηφιακών τεχνολογιών:

**Netflix:** Ξεκινώντας το 1997 ως εταιρεία ενοικίασης DVD με ταχυδρομική αποστολή, η Netflix μετεξελίχθηκε σε μια παγκόσμια πλατφόρμα streaming περιεχομένου αξίας πολλών δισεκατομμυρίων δολαρίων. Η εταιρεία αξιοποίησε προηγμένους αλγόριθμους και αναλυτικές τεχνικές για να αναλύσει τα δεδομένα των θεατών, κατανοώντας τις προτιμήσεις τους και προσαρμόζοντας το περιεχόμενό της ανάλογα (impactmybiz, 2024). Αυτή η δυνατότητα προσωποποιημένων προτάσεων αποτέλεσε κεντρικό στοιχείο του νέου επιχειρηματικού της μοντέλου.

**Amazon:** από ένα ηλεκτρονικό βιβλιοπωλείο, η Amazon εξελίχθηκε σε έναν παγκόσμιο κολοσσό ηλεκτρονικού εμπορίου, υπηρεσιών cloud και ψηφιακού περιεχομένου. Η εταιρεία χρησιμοποίησε την επιχειρησιακή έρευνα για τη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής της αλυσίδας, την εξατομίκευση της εμπειρίας των πελατών και την ανάπτυξη νέων πηγών εσόδων όπως οι υπηρεσίες Amazon Web Services (impactmybiz, 2024). Η ικανότητα της Amazon να αναλύει τεράστιους όγκους δεδομένων πελατών και να προσαρμόζει τις προσφορές της αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στον μετασχηματισμό του επιχειρηματικού της μοντέλου.

**Philips:** Η Philips, παγκόσμιος ηγέτης στην τεχνολογία υγείας, επικεντρώθηκε στον μετασχηματισμό του κλάδου της υγειονομικής περίθαλψης ενσωματώνοντας ψηφιακές λύσεις στα προϊόντα και τις υπηρεσίες της. Αυτή η στρατηγική αλλαγή σχεδιάστηκε για τη βελτίωση της περίθαλψης των ασθενών και την ενίσχυση της επιχειρησιακής αποδοτικότητας σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης παγκοσμίως (DigitalDefynd, 2024). Η Philips αξιοποίησε τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας για να αναλύσει τις ανάγκες των πελατών της και να αναπτύξει καινοτόμες λύσεις που ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

## **Προκλήσεις και παράγοντες επιτυχίας:**

Ο μετασχηματισμός των επιχειρηματικών μοντέλων μέσω της επιχειρησιακής έρευνας και του ψηφιακού μετασχηματισμού αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις:

**ανθρώπινοι παράγοντες:** Οι πολιτιστικές αλλαγές, οι απαιτούμενες νέες δεξιότητες, η κατανόηση των οφελών και η αντίσταση στην αλλαγή αποτελούν σημαντικές προκλήσεις για την υιοθέτηση ψηφιακών επιχειρηματικών μοντέλων (Baycik & Gowda, 2024). Η αποτελεσματική διαχείριση αυτών των παραγόντων απαιτεί ολοκληρωμένες στρατηγικές διαχείρισης αλλαγών και επικοινωνίας.

**Δεδομένα:** Τόσο τεχνικές προκλήσεις που σχετίζονται με τη συλλογή, αποθήκευση, ανάλυση και ενσωμάτωση δεδομένων όσο και μη τεχνικές πτυχές όπως η κατανόηση της αξίας των δεδομένων αποτελούν σημαντικά εμπόδια (Emerald Insight, 2024). Οι επιχειρήσεις πρέπει να αναπτύξουν ισχυρές υποδομές δεδομένων και δυνατότητες ανάλυσης για να υποστηρίξουν τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα.

**Έλλειψη στρατηγικής ευθυγράμμισης:** Πολλές πρωτοβουλίες ψηφιακού μετασχηματισμού αποτυγχάνουν λόγω έλλειψης σαφών στόχων, οράματος και στρατηγικής ευθυγράμμισης με την κύρια επιχείρηση (CIO, 2025). Είναι κρίσιμο οι προσπάθειες μετασχηματισμού να συνδέονται άμεσα με τους στρατηγικούς στόχους της επιχείρησης.

## **Οι παράγοντες επιτυχίας για τον αποτελεσματικό μετασχηματισμό των επιχειρηματικών μοντέλων περιλαμβάνουν:**

**Εκτελεστική ηγεσία (executive leadership):** Σύμφωνα με την έρευνα της Accenture, οι διευθύνοντες σύμβουλοι και οι οικονομικοί διευθυντές, και όχι μόνο οι διευθυντές πληροφορικής, πρέπει να συμμετέχουν ενεργά στην καθοδήγηση των επενδύσεων ψηφιακού μετασχηματισμού (CIO, 2025). Η δέσμευση της ανώτατης διοίκησης είναι απαραίτητη για την επιτυχία των πρωτοβουλιών μετασχηματισμού.

**Ολιστική προσέγγιση (holistic approach):** Ο μετασχηματισμός πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις πτυχές της επιχείρησης, από τις εσωτερικές διαδικασίες μέχρι την αλληλεπίδραση με τους πελάτες (IBM, 2024). Μια αποσπασματική προσέγγιση συχνά οδηγεί σε περιορισμένα αποτελέσματα.

**Συνεχής βελτίωση (continuous improvement):** Ο μετασχηματισμός των επιχειρηματικών μοντέλων δεν είναι ένα έργο με αρχή και τέλος, αλλά μια συνεχής διαδικασία προσαρμογής στις νέες τεχνολογικές εξελίξεις και τις μεταβαλλόμενες ανάγκες της αγοράς (IBM, 2024). Οι επιχειρήσεις πρέπει να υιοθετήσουν μια κουλτούρα συνεχούς μάθησης και προσαρμογής.

**Επικέντρωση στον πελάτη (customer-centricity):** Τα επιτυχημένα νέα επιχειρηματικά μοντέλα θέτουν τον πελάτη στο επίκεντρο, εστιάζοντας στην κάλυψη των αναγκών του και τη βελτίωση της εμπειρίας του (impractmybiz, 2024). Η βαθιά

κατανόηση των αναγκών και προτιμήσεων των πελατών είναι θεμελιώδης για τον σχεδιασμό επιτυχημένων επιχειρηματικών μοντέλων.

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Συμπερασματικά, ο μετασχηματισμός των επιχειρηματικών μοντέλων αποτελεί κρίσιμη πτυχή του ψηφιακού μετασχηματισμού των επιχειρήσεων. Η επιχειρησιακή έρευνα, με τις μεθόδους και τα εργαλεία της, συμβάλλει καθοριστικά στον σχεδιασμό, την αξιολόγηση και την εφαρμογή νέων επιχειρηματικών μοντέλων που αξιοποιούν πλήρως τις δυνατότητες των ψηφιακών τεχνολογιών, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να παραμείνουν ανταγωνιστικές και να ευδοκιμήσουν στο συνεχώς μεταβαλλόμενο ψηφιακό περιβάλλον.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα μεγάλα δεδομένα (Big Data) αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά φαινόμενα της ψηφιακής εποχής, με τεράστιο αντίκτυπο στον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων και των οργανισμών. Ο όρος αναφέρεται σε σύνολα δεδομένων που είναι τόσο

μεγάλα ή πολύπλοκα, ώστε οι παραδοσιακές εφαρμογές επεξεργασίας δεδομένων δεν επαρκούν για τη διαχείρισή τους.

#### 4.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά των μεγάλων δεδομένων

Τα μεγάλα δεδομένα συνήθως χαρακτηρίζονται από τα λεγόμενα "5V":

1. **Όγκος (Volume):** αναφέρεται στην τεράστια ποσότητα δεδομένων που παράγονται και συλλέγονται. Σήμερα, οι επιχειρήσεις συλλέγουν δεδομένα από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρηματικών συναλλαγών, των μέσων κοινωνικής δικτύωσης, των αισθητήρων IoT και των συσκευών κινητής τηλεφωνίας.
2. **Ταχύτητα (Velocity):** αφορά τον ρυθμό με τον οποίο παράγονται και πρέπει να επεξεργάζονται τα δεδομένα. Σε πολλές περιπτώσεις, τα δεδομένα πρέπει να αναλύονται σε πραγματικό χρόνο για να είναι χρήσιμα.
3. **Ποικιλία (Variety):** αναφέρεται στους διάφορους τύπους και μορφές δεδομένων. Τα δεδομένα μπορεί να είναι δομημένα (όπως βάσεις δεδομένων), ημι-δομημένα (όπως έγγραφα XML) ή αδόμητα (όπως εικόνες, βίντεο, email, έγγραφα κειμένου).
4. **αξιοπιστία (Veracity):** αφορά την ακρίβεια και την αξιοπιστία των δεδομένων. Η ποιότητα των δεδομένων μπορεί να ποικίλλει σημαντικά, επηρεάζοντας την ακρίβεια της ανάλυσης.
5. **αξία (Value):** αναφέρεται στην ικανότητα μετατροπής των δεδομένων σε αξία για την επιχείρηση. Τελικά, ο σκοπός της συλλογής και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων είναι η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών που οδηγούν σε καλύτερες αποφάσεις και στρατηγικές κινήσεις.

Όπως αναφέρεται στο πρόγραμμα σπουδών "Big Data and Analytics" του Πανεπιστημίου Πειραιώς (2024), η σύγχρονη εποχή χαρακτηρίζεται επίσης ως η εποχή των "Μεγάλων Δεδομένων" λόγω της άνευ προηγουμένου κλίμακας δεδομένων που παράγονται καθημερινά και της ανάγκης να αναλυθούν τα δεδομένα για την εξαγωγή πολύτιμης γνώσης.

#### 4.2 Πηγές μεγάλων δεδομένων

Οι πηγές μεγάλων δεδομένων είναι πολυάριθμες και συνεχώς αυξάνονται. Μερικές από τις κύριες πηγές περιλαμβάνουν:

1. **Διαδίκτυο και μέσα κοινωνικής δικτύωσης:** Ιστοσελίδες, blogs, πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης (Facebook, Twitter, Instagram), φόρουμ συζητήσεων και άλλες διαδικτυακές πλατφόρμες παράγουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων.
2. **Συσκευές Internet of Things (IoT):** αισθητήρες, έξυπνες συσκευές, wearables και άλλες συνδεδεμένες συσκευές συλλέγουν και μεταδίδουν δεδομένα συνεχώς.

3. **Επιχειρηματικές συναλλαγές:** Δεδομένα από συστήματα ERP, CRM, ηλεκτρονικό εμπόριο, συναλλαγές πιστωτικών καρτών και άλλες επιχειρηματικές λειτουργίες.
4. **Βιομηχανικός εξοπλισμός:** Μηχανήματα και εξοπλισμός εφοδιασμένα με αισθητήρες που παρέχουν δεδομένα για τη λειτουργία, την απόδοση και την κατάσταση τους.
5. **Δημόσια δεδομένα:** Κυβερνητικά δεδομένα, στατιστικές, δεδομένα απογραφής και άλλα δεδομένα ανοικτής πρόσβασης.
6. **Δεδομένα υγείας:** Ιατρικά αρχεία, απεικονιστικές εξετάσεις, ζωτικά σημεία ασθενών, γενετικά δεδομένα και άλλες πληροφορίες σχετικές με την υγεία.
7. **Επιστημονικά δεδομένα:** Δεδομένα από επιστημονικά πειράματα, αστρονομικές παρατηρήσεις, προσομοιώσεις κλιματικών μοντέλων κλπ.

Σύμφωνα με το Πανεπιστήμιο Πειραιώς (2024), πηγές όπως ο Παγκόσμιος Ιστός, τα κοινωνικά δίκτυα, τα δίκτυα αισθητήρων, καθώς και η πρόσφατη τάση των ανοικτών δεδομένων, μεταξύ άλλων, συμβάλλουν στην εντυπωσιακή αύξηση των δεδομένων.

### 4.3 Τεχνικές ανάλυσης μεγάλων δεδομένων

Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων (Big Data Analytics) αναφέρεται στη διαδικασία εξέτασης μεγάλων και ποικίλων συνόλων δεδομένων για την αποκάλυψη κρυμμένων προτύπων, άγνωστων συσχετίσεων, τάσεων της αγοράς, προτιμήσεων πελατών και άλλων χρήσιμων πληροφοριών που μπορούν να βοηθήσουν τους οργανισμούς να λάβουν καλύτερες αποφάσεις.

#### 4.3.1 Περιγραφική αναλυτική (Descriptive Analytics)

Η περιγραφική αναλυτική ασχολείται με την κατανόηση του τι συνέβη στο παρελθόν. Χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα για να αναγνωρίσει πρότυπα και να δημιουργήσει αναφορές διοικητικής πληροφόρησης. Οι βασικές τεχνικές περιλαμβάνουν:

- **Στατιστική ανάλυση:** Μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, συχνότητες, κατανομές κλπ.
- **Οπτικοποίηση δεδομένων:** Γραφήματα, διαγράμματα, πίνακες ελέγχου (dashboards) για την οπτική παρουσίαση των δεδομένων.
- **OLAP (Online Analytical Processing):** Πολυδιάστατη ανάλυση δεδομένων για τη διερεύνηση διαφορετικών διαστάσεων των επιχειρηματικών μετρήσεων.
- **Συσταδοποίηση (Clustering):** Ομαδοποίηση παρόμοιων οντοτήτων με βάση τα χαρακτηριστικά τους.

#### 4.3.2 Διαγνωστική αναλυτική (Diagnostic Analytics)

Η διαγνωστική αναλυτική επικεντρώνεται στην κατανόηση του γιατί συνέβη κάτι. Εξετάζει τα δεδομένα για να εντοπίσει τις αιτίες των γεγονότων και των συμπεριφορών. Οι τεχνικές περιλαμβάνουν:

- **Εξόρυξη δεδομένων (Data Mining):** ανακάλυψη προτύπων σε μεγάλα σύνολα δεδομένων.
- **ανάλυση συσχετίσεων (Correlation Analysis):** Προσδιορισμός του βαθμού συσχέτισης μεταξύ μεταβλητών.
- **ανάλυση αιτιών (Root Cause Analysis):** Εντοπισμός των βασικών αιτιών των προβλημάτων.
- **ανάλυση ανωμαλιών (Anomaly Detection):** Εντοπισμός ασυνήθιστων προτύπων που αποκλίνουν από το αναμενόμενο.

#### 4.3.3 Προβλεπτική αναλυτική (Predictive Analytics)

Η προβλεπτική αναλυτική χρησιμοποιεί ιστορικά δεδομένα και αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να προβλέψει μελλοντικά γεγονότα ή συμπεριφορές. Οι κύριες τεχνικές περιλαμβάνουν:

- **Μηχανική μάθηση (Machine Learning):** αλγόριθμοι που μαθαίνουν από τα δεδομένα χωρίς να προγραμματίζονται ρητά.
- **Παλινδρόμηση (Regression):** Πρόβλεψη αριθμητικών τιμών βάσει ιστορικών δεδομένων.
- **Ταξινόμηση (Classification):** Κατηγοριοποίηση νέων παρατηρήσεων σε προκαθορισμένες κατηγορίες.
- **ανάλυση χρονοσειρών (Time Series Analysis):** Πρόβλεψη μελλοντικών τιμών με βάση ιστορικά δεδομένα που μεταβάλλονται με το χρόνο.
- **Βαθιά μάθηση (Deep Learning):** Χρήση νευρωνικών δικτύων με πολλαπλά επίπεδα για την αναγνώριση σύνθετων προτύπων.

#### 4.3.4 Προδιαγραφική αναλυτική (Prescriptive Analytics)

Η προδιαγραφική αναλυτική προχωρά ένα βήμα παραπέρα από την προβλεπτική, παρέχοντας συστάσεις για μελλοντικές ενέργειες. Συνδυάζει μοντέλα βελτιστοποίησης με τεχνικές προβλεπτικής ανάλυσης για να προτείνει βέλτιστες αποφάσεις. Οι τεχνικές περιλαμβάνουν:

- **Βελτιστοποίηση (Optimization):** Εύρεση της βέλτιστης λύσης σε προβλήματα με περιορισμούς.
- **Προσομοίωση (Simulation):** Μοντελοποίηση διαφόρων σεναρίων για την αξιολόγηση πιθανών αποτελεσμάτων.
- **Συστήματα συστάσεων (Recommendation Systems):** Παροχή εξατομικευμένων προτάσεων βάσει προτιμήσεων και συμπεριφορών.
- **Συνδυαστική βελτιστοποίηση (Combinatorial Optimization):** Εύρεση της βέλτιστης λύσης σε προβλήματα με διακριτές μεταβλητές.

Όπως επισημαίνεται στο άρθρο "Big Data Analytics in Supply Chain Management: A Systematic Literature Review and Research Directions" (MDPI, 2022), τα μεγάλα δεδομένα αναλυτικής (BDA) μετατρέπουν τα ακατέργαστα δεδομένα χαμηλής αξίας

σε πληροφορίες υψηλής αξίας για τους λήπτες επιχειρηματικών αποφάσεων. Η χρήση του BDA μπορεί να δημιουργήσει οφέλη, όπως εξοικονόμηση κόστους, καλύτερη λήψη αποφάσεων και υψηλότερη ποιότητα προϊόντων και υπηρεσιών.

#### 4.4 Συνέργεια μεταξύ επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων

Η επιχειρησιακή έρευνα και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων είναι δύο πεδία που συμπληρώνουν και ενισχύουν το ένα το άλλο. Η συνεργεια μεταξύ τους δημιουργεί νέες δυνατότητες για την επίλυση πολύπλοκων επιχειρηματικών προβλημάτων και τη λήψη καλύτερων αποφάσεων.

##### 4.4.1 Ενίσχυση των μοντέλων επιχειρησιακής έρευνας με μεγάλα δεδομένα

Τα μεγάλα δεδομένα ενισχύουν τα μοντέλα επιχειρησιακής έρευνας με τους εξής τρόπους:

1. Βελτίωση της ακρίβειας των παραμέτρων: Τα μεγάλα δεδομένα επιτρέπουν την εκτίμηση των παραμέτρων των μοντέλων με μεγαλύτερη ακρίβεια, βασισμένη σε πραγματικά και εκτεταμένα δεδομένα αντί για απλοποιημένες υποθέσεις.
2. Μοντελοποίηση πολύπλοκων συστημάτων: Η διαθεσιμότητα λεπτομερών δεδομένων επιτρέπει την ανάπτυξη πιο πολύπλοκων και ρεαλιστικών μοντέλων που αποτυπώνουν καλύτερα την πραγματικότητα.
3. Δυναμική προσαρμογή: Τα μοντέλα μπορούν να ενημερώνονται συνεχώς με νέα δεδομένα, επιτρέποντας τη δυναμική προσαρμογή σε μεταβαλλόμενες συνθήκες.
4. Εξατομίκευση: Τα μεγάλα δεδομένα επιτρέπουν την ανάπτυξη εξατομικευμένων μοντέλων για διαφορετικά τμήματα πελατών ή διαφορετικές συνθήκες αγοράς.

4.4.2 Εφαρμογή τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας στην ανάλυση μεγάλων δεδομένων από την άλλη πλευρά, οι τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση προκλήσεων που σχετίζονται με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων:

1. Βελτιστοποίηση των διαδικασιών ανάλυσης: Οι τεχνικές βελτιστοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των αλγορίθμων ανάλυσης δεδομένων και τη μείωση του χρόνου επεξεργασίας.
2. Επιλογή χαρακτηριστικών και μεταβλητών: Οι μέθοδοι επιχειρησιακής έρευνας μπορούν να βοηθήσουν στην επιλογή των πιο σημαντικών χαρακτηριστικών από μεγάλα σύνολα δεδομένων, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση των μοντέλων μηχανικής μάθησης.
3. Λήψη αποφάσεων με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης: Οι τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας μπορούν να μετατρέψουν τις γνώσεις που

προκύπτουν από την ανάλυση δεδομένων σε συγκεκριμένες ενέργειες και αποφάσεις.

4. αντιμετώπιση της αβεβαιότητας: Οι στοχαστικές μέθοδοι επιχειρησιακής έρευνας μπορούν να διαχειριστούν την αβεβαιότητα και τον θόρυβο που είναι συχνά παρόντες στα μεγάλα δεδομένα.

#### 4.3.3 Ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη λήψη αποφάσεων

Ο συνδυασμός επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων προσφέρει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τη λήψη αποφάσεων:

1. **Συλλογή και προετοιμασία δεδομένων:** Χρήση τεχνικών ανάλυσης μεγάλων δεδομένων για τη συλλογή, καθαρισμό και προετοιμασία των δεδομένων.
2. **Εξαγωγή γνώσης:** Εφαρμογή αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και στατιστικής ανάλυσης για την εξαγωγή προτύπων και συσχετίσεων από τα δεδομένα.
3. **ανάπτυξη μοντέλων βελτιστοποίησης:** Χρήση των γνώσεων που αποκτήθηκαν για την ανάπτυξη μοντέλων βελτιστοποίησης που αντικατοπτρίζουν ακριβέστερα την πραγματικότητα.
4. **Προσομοίωση και αξιολόγηση:** Χρήση προσομοίωσης για τη δοκιμή διαφόρων σεναρίων και την αξιολόγηση των πιθανών αποτελεσμάτων.
5. **Λήψη αποφάσεων:** Επιλογή της βέλτιστης λύσης με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης και της βελτιστοποίησης.
6. **Συνεχής βελτίωση:** Συνεχής παρακολούθηση και ενημέρωση των μοντέλων με νέα δεδομένα για τη βελτίωση της ακρίβειας και της αποτελεσματικότητάς τους.

Σύμφωνα με μια συζήτηση στο Computer Science Stack Exchange (2020), η επιχειρησιακή έρευνα και η επιστήμη δεδομένων είναι κυρίως παράλληλοι κλάδοι, αν και υπάρχει κάποια επικάλυψη. Η επιχειρησιακή έρευνα επικεντρώνεται κυρίως στη λήψη αποφάσεων, ενώ η επιστήμη δεδομένων στην εξαγωγή πληροφοριών από τα δεδομένα. Ο συνδυασμός τους όμως μπορεί να οδηγήσει σε πιο ολοκληρωμένες και αποτελεσματικές λύσεις.

## 4.5 Εφαρμογές και περιπτώσιολογικές μελέτες

Η συνέργεια μεταξύ επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων έχει οδηγήσει σε πολλές καινοτόμες εφαρμογές σε διάφορους τομείς. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές από τις πιο σημαντικές εφαρμογές και περιπτώσιολογικές μελέτες.

### 4.5.1 Διαχείριση αλυσίδας εφοδιασμού

Η διαχείριση αλυσίδας εφοδιασμού είναι ένας από τους τομείς που έχουν επωφεληθεί σημαντικά από τον συνδυασμό επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων. Όπως αναφέρεται στη συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας "Data science and big data analytics: a systematic review of

methodologies used in the supply chain and logistics research" (Springer, 2023), η επιστήμη δεδομένων και η αναλυτική μεγάλων δεδομένων (DS & BDA) χρησιμοποιούνται εκτενώς στις αλυσίδες εφοδιασμού και τα logistics (SC & L).

Μερικές από τις εφαρμογές περιλαμβάνουν:

1. **Πρόβλεψη ζήτησης:** Χρήση προηγμένων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της ζήτησης προϊόντων με μεγαλύτερη ακρίβεια, λαμβάνοντας υπόψη πολλούς παράγοντες όπως εποχικότητα, τάσεις της αγοράς, καιρικές συνθήκες κ.λπ.
2. **Βελτιστοποίηση αποθεμάτων:** Εφαρμογή μοντέλων βελτιστοποίησης για τον καθορισμό των βέλτιστων επιπέδων αποθεμάτων, μειώνοντας έτσι το κόστος αποθήκευσης και αποφεύγοντας τις ελλείψεις.
3. **Βελτιστοποίηση διαδρομών και logistics:** Χρήση αλγορίθμων δρομολόγησης και προγραμματισμού για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών παράδοσης, μειώνοντας το κόστος μεταφοράς και τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.
4. **Διαχείριση κινδύνων στην αλυσίδα εφοδιασμού:** Εφαρμογή τεχνικών εξόρυξης δεδομένων για τον εντοπισμό πιθανών κινδύνων και την ανάπτυξη στρατηγικών μετριασμού.

#### 4.5.2 Χρηματοοικονομικές υπηρεσίες

Ο τομέας των χρηματοοικονομικών υπηρεσιών έχει επίσης επωφεληθεί σημαντικά από τη συνέργεια επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν:

1. **Διαχείριση κινδύνων:** Χρήση προηγμένων αναλυτικών τεχνικών για την αξιολόγηση και διαχείριση των πιστωτικών, λειτουργικών και αγοραίων κινδύνων.
2. **ανίχνευση απάτης:** Εφαρμογή αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την αναγνώριση ύποπτων συναλλαγών και προτύπων που υποδηλώνουν απάτη.
3. **αλγοριθμικές συναλλαγές:** Χρήση αλγορίθμων βελτιστοποίησης και μηχανικής μάθησης για την εκτέλεση συναλλαγών με υψηλή ταχύτητα και ακρίβεια.
4. **Εξατομικευμένες χρηματοοικονομικές υπηρεσίες:** ανάλυση δεδομένων πελατών για την παροχή εξατομικευμένων χρηματοοικονομικών συμβουλών και προϊόντων.

#### 4.5.3 Υγειονομική περίθαλψη

Στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, ο συνδυασμός επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων έχει οδηγήσει σε καινοτόμες εφαρμογές όπως:

1. **Διαχείριση και προγραμματισμός νοσοκομείων:** Βελτιστοποίηση της κατανομής πόρων, του προγραμματισμού προσωπικού και της διαχείρισης κλινών για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ποιότητας της περίθαλψης.

- 2. Εξατομικευμένη ιατρική:** ανάλυση γενετικών δεδομένων και ιατρικών αρχείων για την ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπευτικών πλάνων.
- 3. Πρόβλεψη και πρόληψη ασθενειών:** Χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την πρόβλεψη της εξάπλωσης ασθενειών και τον εντοπισμό ατόμων σε κίνδυνο.
- 4. Βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας φαρμάκων:** Εφαρμογή τεχνικών βελτιστοποίησης για τη διαχείριση των αποθεμάτων φαρμάκων και της διανομής τους.

#### 4.5.4 Ενέργεια και βιωσιμότητα

Στον τομέα της ενέργειας και της βιωσιμότητας, η συνέργεια μεταξύ επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων έχει οδηγήσει σε εφαρμογές όπως:

- 1. Έξυπνα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας:** Βελτιστοποίηση της παραγωγής, διανομής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.
- 2. Ενεργειακή αποδοτικότητα:** ανάλυση δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας για τον εντοπισμό ευκαιριών εξοικονόμησης και τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής χρήσης.
- 3. Διαχείριση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας:** Πρόβλεψη της παραγωγής ηλιακής και αιολικής ενέργειας και βελτιστοποίηση της ενσωμάτωσής τους στο δίκτυο.
- 4. Μείωση του αποτυπώματος άνθρακα:** ανάλυση δεδομένων εκπομπών και ανάπτυξη στρατηγικών για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

#### 4.6 Προκλήσεις και μελλοντικές τάσεις

Παρά τα πολλά οφέλη που προκύπτουν από τη συνέργεια μεταξύ επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, υπάρχουν επίσης προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Παράλληλα, διαφαίνονται πολλές ενδιαφέρουσες τάσεις για το μέλλον.

##### 4.6.1 Προκλήσεις

- 1. Τεχνικές προκλήσεις:** Η διαχείριση και ανάλυση τεράστιων όγκων δεδομένων απαιτεί προηγμένες υπολογιστικές υποδομές και αλγόριθμους. Η εφαρμογή παραδοσιακών τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας σε μεγάλα δεδομένα μπορεί να είναι υπολογιστικά απαιτητική.
- 2. Ποιότητα δεδομένων:** Τα μεγάλα δεδομένα συχνά περιέχουν θόρυβο, ελλιπείς πληροφορίες και ανακρίβειες. Η διασφάλιση της ποιότητας των δεδομένων είναι κρίσιμη για την αξιοπιστία των αναλύσεων και των αποφάσεων.
- 3. Ιδιωτικότητα και ασφάλεια:** Η συλλογή και ανάλυση μεγάλων δεδομένων εγείρει ανησυχίες σχετικά με την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια. Οι οργανισμοί

πρέπει να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς προστασίας δεδομένων, όπως ο GDPR.

**4. Έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού:** Υπάρχει έλλειψη επαγγελματιών που διαθέτουν τόσο γνώσεις επιχειρησιακής έρευνας όσο και δεξιότητες ανάλυσης μεγάλων δεδομένων.

**5. Ενσωμάτωση στις επιχειρηματικές διαδικασίες:** Η αποτελεσματική ενσωμάτωση των αναλύσεων και των μοντέλων βελτιστοποίησης στις καθημερινές επιχειρηματικές διαδικασίες και αποφάσεις μπορεί να είναι δύσκολη.

#### 4.6.2 Μελλοντικές τάσεις

1. **Εξηγήσιμη τεχνητή νοημοσύνη (Explainable AI):** Η ανάπτυξη τεχνικών που καθιστούν τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης πιο διαφανή και κατανοητά είναι μια σημαντική τάση. Όπως αναφέρεται στο άρθρο "Explainable AI for Operational Research" (ScienceDirect, 2023), η ικανότητα κατανόησης και εξήγησης των αποτελεσμάτων των μεθόδων ανάλυσης δεδομένων, με στόχο την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων, έχει γίνει κρίσιμη απαίτηση για πολλές εφαρμογές.
2. **αυτοματοποιημένη μηχανική μάθηση (AutoML):** Η ανάπτυξη εργαλείων που αυτοματοποιούν τη διαδικασία επιλογής, εκπαίδευσης και βελτιστοποίησης μοντέλων μηχανικής μάθησης, καθιστώντας την ανάλυση μεγάλων δεδομένων πιο προσιτή.
3. **Λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο:** Η ανάπτυξη μεθόδων και συστημάτων που επιτρέπουν την ανάλυση δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να αντιδρούν γρήγορα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες.
4. **Ενσωμάτωση του Internet of Things (IoT):** Η αυξανόμενη διείσδυση του IoT δημιουργεί νέες πηγές δεδομένων και ευκαιρίες για την εφαρμογή τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας και ανάλυσης δεδομένων.
5. **Κβαντικοί υπολογιστές:** Η ανάπτυξη κβαντικών υπολογιστών υπόσχεται επαναστατικές αλλαγές στην επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης, επιτρέποντας την αντιμετώπιση προβλημάτων που είναι αδύνατο να λυθούν με τους συμβατικούς υπολογιστές.
6. **Ενσωμάτωση της βιωσιμότητας:** Η αυξανόμενη έμφαση στη βιωσιμότητα οδηγεί στην ενσωμάτωση περιβαλλοντικών και κοινωνικών παραμέτρων στα μοντέλα βελτιστοποίησης και λήψης αποφάσεων.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η ανάλυση μεγάλων δεδομένων σε συνδυασμό με την επιχειρησιακή έρευνα δημιουργεί ένα ισχυρό πλαίσιο για τη μετατροπή των ωμών πληροφοριών σε ουσιαστικά επιχειρησιακά πλεονεκτήματα. Η δυνατότητα επεξεργασίας τεράστιων όγκων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η εξαγωγή προγνωστικών

μοντέλων και η εφαρμογή βελτιστοποιήσεων επιτρέπουν στους οργανισμούς να λαμβάνουν πιο έγκυρες αποφάσεις, να μειώνουν το κόστος και να βελτιώνουν την ποιότητα υπηρεσιών. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα αυτής της προσέγγισης εξαρτάται από την ποιότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων, την προσεκτική διαχείριση θεμάτων ιδιωτικότητας καθώς και από την ανάπτυξη του κατάλληλου ανθρώπινου δυναμικού που θα συνδυάζει τεχνικές αναλυτικής και επιχειρησιακής έρευνας. Με την εξέλιξη τεχνολογιών όπως η εξηγήσιμη τεχνητή νοημοσύνη και η πραγματοχρονική ανάλυση, αναμένεται να ενισχυθεί ακόμη περαιτέρω η ικανότητα των οργανισμών να αντιμετωπίζουν πολύπλοκα προβλήματα και να υιοθετούν βιώσιμες και καινοτόμες λύσεις.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και η μηχανική μάθηση (ML) έχουν μετασχηματίσει ριζικά πολλούς επιστημονικούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της επιχειρησιακής έρευνας. Η τεχνητή νοημοσύνη ορίζεται ως ο τομέας που ασχολείται με τη σχεδίαση ευφύων υπολογιστικών συστημάτων, ενώ η μηχανική μάθηση επικεντρώνεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων που επιτρέπουν στους υπολογιστές να μαθαίνουν από δεδομένα και να βελτιώνονται με την εμπειρία (Γεωργούλη, 2015).

Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην επιχειρησιακή έρευνα ξεκίνησε στα τέλη του 20ού αιώνα, με την πρόοδο της υπολογιστικής ισχύος και τη διαθεσιμότητα μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων. Σήμερα, αυτές οι τεχνολογίες έχουν γίνει αναπόσπαστα μέρη της επιχειρησιακής έρευνας, επιτρέποντάς την ανάλυση πολύπλοκων συστημάτων και την επίλυση προβλημάτων που ήταν προηγουμένως αδύνατο να λυθούν με παραδοσιακές μεθόδους (Ghaddar κ.α., 2024).

## 5.1 Κύριες τεχνικές μηχανικής μάθησης στην επιχειρησιακή έρευνα

### 5.1.1 Επιβλεπόμενη μάθηση (Supervised Learning)

Η επιβλεπόμενη μάθηση είναι μια από τις βασικότερες κατηγορίες αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και χρησιμοποιείται ευρέως στην επιχειρησιακή έρευνα. Σε αυτή την προσέγγιση, ο αλγόριθμος εκπαιδεύεται σε δεδομένα με γνωστές εξόδους για να προβλέψει νέα, άγνωστα δεδομένα.

Στον τομέα της παλινδρόμησης, αλγόριθμοι όπως η γραμμική παλινδρόμηση και η παλινδρόμηση Ridge χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη συνεχών τιμών όπως πωλήσεις, ζήτηση προϊόντων ή χρόνους παράδοσης. Παράλληλα, αλγόριθμοι ταξινόμησης όπως τα δέντρα αποφάσεων και οι μηχανές διανυσματικής υποστήριξης (SVM) κατηγοριοποιούν δεδομένα σε διακριτές κλάσεις, όπως κατηγορίες κινδύνου πελατών ή πιθανές αστοχίες εξοπλισμού (Βασιλείου κ.ά., 2000).

Οι αλγόριθμοι επιβλεπόμενης μάθησης έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στην πρόβλεψη ζήτησης για τη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, την ανάλυση συμπεριφοράς πελατών και την πρόβλεψη τάσεων της αγοράς.

### 5.1.2 Μη επιβλεπόμενη μάθηση (Unsupervised Learning)

Η μη επιβλεπόμενη μάθηση περιλαμβάνει αλγόριθμους που εντοπίζουν πρότυπα σε δεδομένα χωρίς προκαθορισμένες ετικέτες. Αυτή η προσέγγιση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν δεν υπάρχει προηγούμενη γνώση για τα αποτελέσματα ή όταν ο στόχος είναι η ανακάλυψη κρυφών σχέσεων στα δεδομένα.

Οι αλγόριθμοι συσταδοποίησης, όπως ο k-means και η ιεραρχική συσταδοποίηση, χρησιμοποιούνται για την ομαδοποίηση παρόμοιων δεδομένων, επιτρέποντας για παράδειγμα την αποτελεσματική τμηματοποίηση πελατών. Παράλληλα, τεχνικές μείωσης διαστατικότητας όπως η ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) μειώνουν την πολυπλοκότητα των δεδομένων διατηρώντας τις σημαντικές πληροφορίες, ενώ αλγόριθμοι ανίχνευσης ανωμαλιών εντοπίζουν ασυνήθιστα πρότυπα όπως περιπτώσεις απάτης (Russell & Norvig, 2021).

Οι τεχνικές μη επιβλεπόμενης μάθησης είναι ιδιαίτερα πολύτιμες στην επιχειρησιακή έρευνα για την ανακάλυψη προτύπων σε μεγάλα σύνολα δεδομένων, την κατανόηση της συμπεριφοράς των πελατών και τη βελτιστοποίηση διαδικασιών.

### 5.1.3 Ενισχυτική μάθηση (Reinforcement Learning)

Στην ενισχυτική μάθηση, ένας πράκτορας (agent) μαθαίνει να λαμβάνει αποφάσεις μέσω αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον. Μέσω της δοκιμής και του λάθους, ο πράκτορας επιδιώκει να μεγιστοποιήσει μια ανταμοιβή (reward) μακροπρόθεσμα. Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει πράκτορες που λαμβάνουν αποφάσεις, περιβάλλοντα στα οποία δρουν, καταστάσεις που μπορούν να βρεθούν, ενέργειες που μπορούν να κάνουν και ανταμοιβές που λαμβάνουν.

Η ενισχυτική μάθηση έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική σε προβλήματα επιχειρησιακής έρευνας που απαιτούν διαδοχικές αποφάσεις σε δυναμικά περιβάλλοντα, όπως η βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, ο δυναμικός προγραμματισμός παραγωγής και η βελτιστοποίηση του χαρτοφυλακίου επενδύσεων (Taha, 2023).

## 5.2 Εφαρμογές σε παραδοσιακά προβλήματα επιχειρησιακής έρευνας

### 5.2.1 Βελτιστοποίηση μέσω τεχνητής νοημοσύνης

Τα προβλήματα βελτιστοποίησης αποτελούν θεμελιώδες κομμάτι της επιχειρησιακής έρευνας, και η τεχνητή νοημοσύνη έχει προσφέρει νέες προοπτικές στην αντιμετώπισή τους. Νευρωνικά δίκτυα μπορούν να εκπαιδευτούν για να προσεγγίσουν πολύπλοκες συναρτήσεις στόχου και να επιταχύνουν την επίλυση προβλημάτων βελτιστοποίησης. Παράλληλα, η ενσωμάτωση μοντέλων πρόβλεψης βασισμένων σε μηχανική μάθηση επιτρέπει την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας και τη βελτίωση της ποιότητας των λύσεων.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η χρήση τεχνητής νοημοσύνης για την επίλυση του προβλήματος του περιοδεύοντος πωλητή (Traveling Salesman Problem - TSP) σε μεγάλη κλίμακα. Οι προσεγγίσεις βασισμένες σε μηχανική μάθηση, όπως τα νευρωνικά δίκτυα γράφων, έχουν επιτύχει εντυπωσιακά αποτελέσματα σε τέτοια προβλήματα που παραδοσιακά αντιμετωπίζουν περιορισμούς λόγω της υπολογιστικής πολυπλοκότητάς (Ghaddar κ.α., 2024).

### 5.2.2 Πρόβλεψη και μοντελοποίηση αβεβαιότητας

Η πρόβλεψη και η διαχείριση της αβεβαιότητας είναι κρίσιμοι παράγοντες στην επιχειρησιακή έρευνα. Προηγμένοι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, όπως οι δασικοί αλγόριθμοι (Random Forests) και τα αναδρομικά νευρωνικά δίκτυα, έχουν βελτιώσει σημαντικά την ακρίβεια των προβλέψεων σε επιχειρησιακά δεδομένα.

αντί για μεμονωμένες προβλέψεις, οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης μπορούν πλέον να παράγουν πιθανοτικές προβλέψεις, επιτρέποντας την καλύτερη ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας. Επιπλέον, ο συνδυασμός μηχανικής μάθησης με τεχνικές στοχαστικής βελτιστοποίησης επιτρέπει την αποτελεσματικότερη διαχείριση προβλημάτων με αβέβαιες παραμέτρους (De Bock κ.α., 2023).

## 5.3 Συνδυασμός με παραδοσιακές μεθόδους

### 5.3.1 Υβριδικές προσεγγίσεις

Η επιτυχής εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στην επιχειρησιακή έρευνα δεν συνεπάγεται την αντικατάσταση των παραδοσιακών μεθόδων, αλλά τη συμπλήρωση και ενίσχυσή τους. Ο συνδυασμός τεχνικών μαθηματικού προγραμματισμού με αλγόριθμους μηχανικής μάθησης επιτρέπει την αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων με αβέβαιες παραμέτρους.

Η χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την εκτίμηση παραμέτρων στα μοντέλα στοχαστικού προγραμματισμού βελτιώνει την ακρίβεια και την

αποτελεσματικότητα των λύσεων. Επιπλέον, η χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης για την καθοδήγηση ευρετικών αλγορίθμων επιτρέπει την αποτελεσματικότερη εξερεύνηση του χώρου λύσεων και την ταχύτερη σύγκλιση (Βασιλείου κ.ά., 2000).

### 5.3.2 Το πλαίσιο "Προβλέπω-και-Βελτιστοποιώ"

Στο πλαίσιο "Προβλέπω-και-Βελτιστοποιώ" (Predict-then-Optimize), οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη των παραμέτρων ενός προβλήματος βελτιστοποίησης, και στη συνέχεια εφαρμόζονται παραδοσιακές τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας για την επίλυση του προβλήματος με τις προβλεπόμενες παραμέτρους.

αυτή η προσέγγιση έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική σε προβλήματα δυναμικής τιμολόγησης, όπου αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης προβλέπουν τη ζήτηση και την ελαστικότητα των τιμών, και στη συνέχεια τεχνικές βελτιστοποίησης προσδιορίζουν τις βέλτιστες τιμές. Επίσης, εφαρμόζεται στη διαχείριση αποθεμάτων και το χρονοπρογραμματισμό, όπου τα μοντέλα μηχανικής μάθησης προβλέπουν κρίσιμες παραμέτρους που τροφοδοτούν τις τεχνικές βελτιστοποίησης (Taha, 2023).

## 5.4 Προκλήσεις και μελλοντικές κατευθύνσεις

Παρά την αξιοσημείωτη πρόοδο, η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στην επιχειρησιακή έρευνα αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Η υπολογιστική πολυπλοκότητα πολλών αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, ιδιαίτερα των βαθιών νευρωνικών δικτύων, απαιτεί σημαντική υπολογιστική ισχύ, ειδικά για προβλήματα μεγάλης κλίμακας.

Η ποιότητα και διαθεσιμότητα των δεδομένων αποτελεί επίσης σημαντική πρόκληση, καθώς η αποτελεσματικότητα των μοντέλων εξαρτάται από τα δεδομένα εκπαίδευσης. Επιπλέον, η ερμηνευσιμότητα πολλών προηγμένων μοντέλων μηχανικής μάθησης παραμένει περιορισμένη, καθιστώντας δύσκολη την κατανόηση και την εμπιστοσύνη στις αποφάσεις τους. Δεν πρέπει να παραβλέπονται και τα ηθικά ζητήματα που προκύπτουν, όπως η προστασία της ιδιωτικότητας και η αποφυγή μεροληψίας (De Bock κ.α., 2023).

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση έχουν φέρει επανάσταση στην επιχειρησιακή έρευνα, παρέχοντας ισχυρά εργαλεία για την αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων που προηγουμένως ήταν δυσεπίλυτα. Μέσα από τεχνικές όπως η επιβλεπόμενη, η μη επιβλεπόμενη και η ενισχυτική μάθηση, οι ερευνητές και οι επαγγελματίες μπορούν πλέον να προβλέπουν, να βελτιστοποιούν και να λαμβάνουν αποφάσεις με πρωτοφανή ακρίβεια και αποτελεσματικότητα. Ο συνδυασμός αυτών των προηγμένων μεθόδων με παραδοσιακές τεχνικές, όπως φαίνεται στις υβριδικές προσεγγίσεις και το πλαίσιο "Προβλέπω-και-Βελτιστοποιώ", έχει ανοίξει νέους ορίζοντες για την επίλυση πραγματικών προβλημάτων σε τομείς όπως η εφοδιαστική αλυσίδα, η διαχείριση αποθεμάτων και η δυναμική τιμολόγηση.

Ωστόσο, προκλήσεις όπως η υπολογιστική πολυπλοκότητα, η ποιότητα των δεδομένων, η ερμηνευσιμότητα των μοντέλων και τα ηθικά ζητήματα παραμένουν, απαιτώντας συνεχή έρευνα και προσοχή. Καθώς προχωράμε στο μέλλον, η περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών υπόσχεται να ενισχύσει ακόμη περισσότερο τις δυνατότητες της επιχειρησιακής έρευνας, προσφέροντας καινοτόμες λύσεις σε ένα διαρκώς εξελισσόμενο κόσμο.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η επιχειρησιακή έρευνα (Operations Research - OR) εφαρμόζει προηγμένες αναλυτικές μεθόδους για την υποστήριξη βέλτιστων αποφάσεων. Στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή, έχει εξελιχθεί σημαντικά, εμπλουτίζοντας τις παραδοσιακές μεθοδολογίες με νέες τεχνικές και διευρύνοντας το πεδίο εφαρμογής της σε νέους τομείς.

Σύμφωνα με το Οικονομικό Πανεπιστήμιο αθηνών (2024), η Επιχειρησιακή Έρευνα σε συνδυασμό με την Επιχειρηματική αναλυτική αποτελούν μια διαρκώς εξελισσόμενη επιστημονική περιοχή που γνωρίζει νέα ακμή λόγω της αυξημένης πολυπλοκότητας των σύγχρονων προβλημάτων λήψης αποφάσεων.

### **6.2 Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας και logistics**

#### **6.2.1 Βελτιστοποίηση εφοδιαστικής αλυσίδας στην ψηφιακή εποχή**

Στην ψηφιακή εποχή, η πολυπλοκότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων έχει αυξηθεί, καθιστώντας την OR ακόμα πιο πολύτιμη. Ο στρατηγικός σχεδιασμός δικτύου αφορά αποφάσεις για τη χωροθέτηση εγκαταστάσεων και το σχεδιασμό του δικτύου διανομής, αξιοποιώντας τεχνικές μαθηματικού προγραμματισμού και

προσομοίωσης για την αξιολόγηση διαφορετικών σεναρίων (Τσακλίδης & Βασιλείου, 2019).

Η ακριβής πρόβλεψη ζήτησης είναι θεμελιώδης για την αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ η διαχείριση αποθεμάτων βελτιστοποιείται με μοντέλα όπως το Economic Order Quantity (EOQ). Παράλληλα, η βελτιστοποίηση μεταφορών και ο συντονισμός όλων των εμπλεκόμενων μερών της εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελούν κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας (Κουνετάς, 2022).

#### 6.2.2 Ψηφιακοί μετασχηματισμοί στα logistics

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός έχει επηρεάσει σημαντικά τα logistics, εισάγοντας νέες τεχνολογίες και καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την παρακολούθηση προϊόντων και οχημάτων, τροφοδοτώντας μοντέλα OR για βελτιστοποίηση αποφάσεων.

Τα ψηφιακά δίδυμα (digital twins) επιτρέπουν την προσομοίωση και βελτιστοποίηση σε εικονικό περιβάλλον, ενώ η τεχνολογία blockchain παρέχει διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Παράλληλα, τα αυτόνομα οχήματα και η ρομποτική απαιτούν προηγμένους αλγόριθμους OR για τον προγραμματισμό και τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών τους, ενώ η ανάλυση μεγάλων δεδομένων επιτρέπει την καλύτερη κατανόηση προτύπων και τάσεων (Βασιλείου, 2018).

#### 6.2.3 Περιπτωσιολογικές μελέτες

Χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής της OR στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνουν την Amazon, που χρησιμοποιεί προηγμένους αλγόριθμους για τη διαχείριση αποθεμάτων, την πρόβλεψη ζήτησης και τη βελτιστοποίηση των διαδρομών παράδοσης. Η DHL έχει εφαρμόσει ψηφιακά δίδυμα για τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών της, ενώ η Maersk αξιοποιεί την τεχνολογία blockchain σε συνδυασμό με αλγόριθμους βελτιστοποίησης μέσω του συστήματος Trade Lens.

Η αλυσίδα Zara αποτελεί ένα ακόμη παράδειγμα, χρησιμοποιώντας τεχνικές OR για τη βελτιστοποίηση της εφοδιαστικής της αλυσίδας, επιτρέποντας την ταχεία ανανέωση των συλλογών της και την ελαχιστοποίηση των αποθεμάτων. Το σύστημα "fast fashion" της αλυσίδας Zara βασίζεται σε προηγμένα μοντέλα πρόβλεψης και βελτιστοποίησης (Τσακλίδης & Βασιλείου, 2019).

### 6.3 Χρηματοοικονομική ανάλυση και διαχείριση κινδύνου

#### 6.3.1 Βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου

Η βελτιστοποίηση χαρτοφυλακίου είναι μια κλασική εφαρμογή της OR στα χρηματοοικονομικά. Οι σύγχρονες προσεγγίσεις χρησιμοποιούν πιο πολύπλοκους αλγόριθμους που μπορούν να χειριστούν μεγάλο αριθμό περιουσιακών στοιχείων, μη γραμμικούς περιορισμούς και πολλαπλούς στόχους, αξιοποιώντας τεχνικές όπως ο στοχαστικός προγραμματισμός και οι μετα-ευρετικοί αλγόριθμοι.

Η ψηφιακή εποχή επιτρέπει την ενσωμάτωση εναλλακτικών δεδομένων στα μοντέλα βελτιστοποίησης χαρτοφυλακίου, ενώ οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη αποδόσεων και κινδύνων. Οι συναλλαγές υψηλής συχνότητας αποτελούν μια ακόμη εφαρμογή, με αλγόριθμους που εκτελούν χιλιάδες συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο βάσει μικρών μεταβολών των τιμών (Βασιλείου κ.ά., 2000).

#### 6.3.2 Διαχείριση χρηματοοικονομικού κινδύνου

Η διαχείριση κινδύνου αποτελεί κρίσιμο τομέα εφαρμογής της OR στα χρηματοοικονομικά. Προηγμένα μοντέλα όπως η αξία σε Κίνδυνο (Value at Risk - VaR) και η Υπό Συνθήκη αξία σε Κίνδυνο (Conditional Value at Risk - CVaR) χρησιμοποιούνται για την ποσοτικοποίηση του κινδύνου, αξιοποιώντας την αυξημένη υπολογιστική ισχύ για την εκτέλεση εκατομμυρίων προσομοιώσεων.

Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αναλύουν δεδομένα συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο για την πρόληψη απάτης, ενώ τα μοντέλα αξιολόγησης πιστοληπτικής ικανότητας ενσωματώνουν παραδοσιακά και εναλλακτικά δεδομένα, βελτιωμένα με τεχνικές μηχανικής μάθησης. Η ένταξη της τεχνητής νοημοσύνης στη διαχείριση κινδύνων προσφέρει σημαντικά οφέλη στη χρηματοοικονομική ανάλυση (De Bock κ.α., 2023).

#### 6.3.3 αλγοριθμικές συναλλαγές

Οι αλγοριθμικές συναλλαγές αποτελούν ένα ταχέως αναπτυσσόμενο πεδίο εφαρμογής της OR στα χρηματοοικονομικά. Οι αλγόριθμοι εκτέλεσης βελτιστοποιούν την εκτέλεση μεγάλων εντολών για ελαχιστοποίηση του κόστους, ενώ οι αλγόριθμοι συναλλαγών ζεύγους εκμεταλλεύονται προσωρινές αποκλίσεις τιμών σε συσχετισμένες αξίες.

Το στατιστικό arbitrage εντοπίζει και εκμεταλλεύεται ανωμαλίες τιμών με στατιστικά μοντέλα, ενώ οι αλγόριθμοι ενισχυτικής μάθησης προσαρμόζουν και βελτιώνουν στρατηγικές συναλλαγών με την πάροδο του χρόνου. Οι αλγοριθμικές συναλλαγές αντιπροσωπεύουν πλέον ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού όγκου συναλλαγών στις κύριες αγορές παγκοσμίως (Τσακλίδης & Βασιλείου, 2019).

### 6.4 Βελτιστοποίηση παραγωγής και λειτουργιών

#### 6.4.1 Βιομηχανία 4.0 και έξυπνη παραγωγή

Η Βιομηχανία 4.0 ενσωματώνει ψηφιακές τεχνολογίες στην παραγωγή, με την OR να διαδραματίζει κεντρικό ρόλο. Τα έξυπνα εργοστάσια συνδυάζουν IoT, κυβερνοφυσικά συστήματα και τεχνητή νοημοσύνη, βελτιστοποιημένα από την OR για διαχείριση αποθεμάτων, προγραμματισμό παραγωγής και διαχείριση κύκλου ζωής προϊόντων.

Η προγνωστική συντήρηση αξιοποιεί τη μηχανική μάθηση και τη στατιστική ανάλυση για την πρόβλεψη βλαβών εξοπλισμού, μειώνοντας το κόστος και τον χρόνο διακοπής λειτουργίας. Παράλληλα, τα ψηφιακά δίδυμα προσομοιώνουν συστήματα

παραγωγής για βελτιστοποίηση, ενώ η παραγωγή προσαρμόζεται δυναμικά στη ζήτηση με βάση δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (Βασιλείου, 2018).

#### **6.4.2 Προγραμματισμός παραγωγής**

Ο προγραμματισμός παραγωγής έχει εξελιχθεί σημαντικά με τις ψηφιακές εξελίξεις. Προηγμένοι αλγόριθμοι όπως ο μικτός αέραιος προγραμματισμός και οι μετα-ευρετικοί αλγόριθμοι επιλύουν σύνθετα προβλήματα προγραμματισμού, ενώ ο στοχαστικός και εύρωστος προγραμματισμός αντιμετωπίζουν την αβεβαιότητα της αγοράς.

Ο προγραμματισμός σε πραγματικό χρόνο αξιοποιεί δεδομένα από συστήματα IoT και ERP, επιτρέποντας δυναμικές προσαρμογές του προγράμματος παραγωγής με βάση τις μεταβαλλόμενες συνθήκες (Κουνετάς, 2022).

#### **6.4.3 Διαχείριση ποιότητας και προγνωστική συντήρηση**

Ο στατιστικός έλεγχος διαδικασιών ενισχύεται από την τεχνητή νοημοσύνη για την παρακολούθηση της ποιότητας σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την άμεση ανίχνευση και διόρθωση προβλημάτων. Παράλληλα, τα μοντέλα προγνωστικής συντήρησης αξιοποιούν τη μηχανική μάθηση για την πρόβλεψη πιθανών βλαβών εξοπλισμού πριν αυτές συμβούν, βελτιστοποιώντας τα χρονοδιαγράμματα συντήρησης και μειώνοντας τις απρογραμματίστες διακοπές λειτουργίας (Βασιλείου, 2018).

### **6.5 Εφαρμογές στην υγειονομική περίθαλψη**

#### **6.5.1 Βελτιστοποίηση λειτουργιών νοσοκομείων**

Η υγειονομική περίθαλψη αντιμετωπίζει προκλήσεις όπως η αύξηση του κόστους και η γήρανση του πληθυσμού, με την OR να προσφέρει σημαντικές λύσεις. Ο προγραμματισμός προσωπικού αξιοποιεί δυναμικούς αλγόριθμους που προσαρμόζουν τα προγράμματα με βάση τις μεταβαλλόμενες ανάγκες σε πραγματικό χρόνο.

Η διαχείριση κλινών βελτιστοποιείται με τεχνικές μαθηματικού προγραμματισμού, ενώ ο προγραμματισμός χειρουργείων ισορροπεί πολλαπλούς παράγοντες όπως ο διαθέσιμος χρόνος χειρουργών, η κατάσταση των ασθενών και η διαθεσιμότητα αιθουσών για τη δημιουργία αποτελεσματικών προγραμμάτων (Κουνετάς, 2022).

#### **6.5.2 Βελτιστοποίηση αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων**

Η πρόβλεψη ζήτησης φαρμάκων αξιοποιεί προηγμένες τεχνικές που αξιοποιούν ποικίλες πηγές δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων ιατρικών αρχείων, εποχικών προτύπων και επιδημιολογικών τάσεων. Παράλληλα, η βελτιστοποίηση αποθεμάτων φαρμάκων είναι κρίσιμη για την εξασφάλιση της διαθεσιμότητας κρίσιμων φαρμάκων, αποφεύγοντας παράλληλα την υπερβολική αποθήκευση προϊόντων με περιορισμένη διάρκεια ζωής (Βασιλείου κ.ά., 2000).

## 6.6 Επιχειρησιακή έρευνα στις έξυπνες πόλεις (Smart cities)

Η έννοια των έξυπνων πόλεων αναφέρεται σε αστικές περιοχές που αξιοποιούν ηλεκτρονικούς αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων και την αποτελεσματική διαχείριση πόρων. Η επιχειρησιακή έρευνα διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάλυση και βελτιστοποίηση των πολύπλοκων συστημάτων που συνθέτουν μια έξυπνη πόλη.

### 6.6.1 Εφαρμογές επιχειρησιακής έρευνας στις έξυπνες πόλεις

Στον τομέα των έξυπνων μεταφορών και κινητικότητας (smart transportation and mobility), η επιχειρησιακή έρευνα εφαρμόζεται στη βελτιστοποίηση διαδρομών δημόσιων συγκοινωνιών, τη δυναμική τιμολόγηση για διαχείριση κυκλοφοριακής συμφόρησης, τον προγραμματισμό συστημάτων κοινόχρηστων οχημάτων και την πρόβλεψη κυκλοφοριακής ροής. Σύμφωνα με τους Wang, Han και Beynon-Davies (2020), η εφαρμογή μοντέλων βελτιστοποίησης στα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας μπορεί να μειώσει τη συμφόρηση κατά 15-20% και τις εκπομπές ρύπων κατά 10-15%.

Στη διαχείριση ενέργειας (energy management), η επιχειρησιακή έρευνα συμβάλλει στη βελτιστοποίηση των έξυπνων δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας (smart grids), στην κατανομή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στην πρόβλεψη ζήτησης και στη βελτίωση ενεργειακής απόδοσης κτιρίων. Οι Holmlund, Van Vaerenbergh, Ciuchita, Raval, Sarantopoulos, Ordenes και Zaki (2020) αναφέρουν ότι η χρήση προηγμένων τεχνικών βελτιστοποίησης στα έξυπνα δίκτυα μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση ενέργειας έως και 20%.

Στη διαχείριση αποβλήτων και υδάτινων πόρων (waste and water management), η επιχειρησιακή έρευνα εφαρμόζεται στη βελτιστοποίηση διαδρομών συλλογής απορριμμάτων, στην πρόβλεψη διαρροών σε δίκτυα ύδρευσης, στην κατανομή υδάτινων πόρων και στη διαχείριση αποβλήτων. Η εφαρμογή αλγορίθμων δρομολόγησης στη συλλογή απορριμμάτων μπορεί να μειώσει το κόστος διαχείρισης κατά 10-15% και να βελτιώσει την ποιότητα υπηρεσίας.

Επιπλέον, η επιχειρησιακή έρευνα εφαρμόζεται και στη δημόσια ασφάλεια και υγεία, καθώς και στον πολεοδομικό σχεδιασμό, βελτιστοποιώντας την κατανομή αστυνομικών περιπολιών και υγειονομικών πόρων, και υποστηρίζοντας τον σχεδιασμό νέων αστικών περιοχών.

### 6.6.2 Προκλήσεις και μεθοδολογίες

Η εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στις έξυπνες πόλεις αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις. Η πολυπλοκότητα των αστικών συστημάτων απαιτεί την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ φυσικών, κοινωνικών και οικονομικών παραγόντων. Η διαχείριση και ανάλυση των τεράστιων όγκων δεδομένων που παράγονται απαιτεί προηγμένες τεχνικές αποθήκευσης και επεξεργασίας. Επιπλέον, η πολυκριτηριακή βελτιστοποίηση είναι απαραίτητη για την

εξισορρόπηση αντικρουόμενων στόχων όπως η οικονομική αποδοτικότητα, η περιβαλλοντική βιωσιμότητα και η κοινωνική δικαιοσύνη.

Η αβεβαιότητα και η δυναμική φύση των αστικών περιβαλλόντων απαιτούν προσαρμοστικά και ανθεκτικά μοντέλα, ενώ η ενσωμάτωση κοινωνικών παραμέτρων και της συμπεριφοράς των πολιτών παραμένει μια σημαντική πρόκληση. Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, χρησιμοποιούνται μοντέλα προσομοίωσης, τεχνικές ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, πολυκριτηριακή ανάλυση αποφάσεων, στοχαστικός προγραμματισμός και συστήματα υποστήριξης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο.

#### 6.6.3 Περιπτωσιολογικές μελέτες

Υπάρχουν πολλά επιτυχημένα παραδείγματα εφαρμογής της επιχειρησιακής έρευνας σε έξυπνες πόλεις παγκοσμίως. Η Σιγκαπούρη έχει αναπτύξει το "Virtual Singapore", ένα ψηφιακό δίδυμο που χρησιμοποιείται για τον αστικό σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση μεταφορών, με αποτέλεσμα τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης κατά 15-20%. Η Βαρκελώνη έχει υλοποιήσει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης υδάτινων πόρων που οδήγησε σε εξοικονόμηση νερού 25% και μείωση κόστους άρδευσης κατά 15%.

Το "Amsterdam Smart City" έχει αξιοποιήσει τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, επιτυγχάνοντας μείωση κατανάλωσης ενέργειας κατά 10% και εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 15%. Το Λονδίνο εφαρμόζει συστήματα τιμολόγησης συμφόρησης και διαχείρισης δημόσιων συγκοινωνιών που έχουν μειώσει σημαντικά τους χρόνους μετακίνησης και τις εκπομπές ρύπων. Τέλος, το Τόκιο χρησιμοποιεί προηγμένα μοντέλα για τη διαχείριση του πολύπλοκου σιδηροδρομικού δικτύου του, επιτυγχάνοντας εξαιρετική ακρίβεια δρομολογίων και βέλτιστη αξιοποίηση χωρητικότητας.

#### 6.6.4 Μελλοντικές τάσεις

Η εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στις έξυπνες πόλεις αναμένεται να εξελιχθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια. Τα ψηφιακά δίδυμα πόλεων (city digital twins) θα αποτελέσουν τη βάση για την προσομοίωση και βελτιστοποίηση των αστικών συστημάτων. Η συνεργατική βελτιστοποίηση (collaborative optimization) μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και υπηρεσιών της πόλης θα οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη συγκριτικά με τη μεμονωμένη βελτιστοποίηση.

Η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης θα επιτρέψει την ανάπτυξη προσαρμοστικών και ευφυών συστημάτων διαχείρισης. Παράλληλα, η έμφαση στην ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα (resilience and adaptability) των αστικών συστημάτων θα αυξηθεί ενόψει κλιματικής αλλαγής και άλλων προκλήσεων. Τέλος, η ενσωμάτωση της συμμετοχής των πολιτών στα μοντέλα λήψης αποφάσεων θα οδηγήσει σε πιο αποδεκτές και αποτελεσματικές λύσεις για τις έξυπνες πόλεις.

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Η σύγχρονη Επιχειρησιακή Έρευνα αποδείχθηκε απαραίτητη για την αντιμετώπιση των πολύπλοκων προκλήσεων των οργανισμών, αξιοποιώντας μαθηματικά μοντέλα, αλγόριθμους προσομοίωσης και ανάλυση μεγάλων δεδομένων για πρακτικά οφέλη όπως τη μείωση κόστους, τη βελτίωση χρόνων παράδοσης, την αύξηση της αξιοπιστίας και την υψηλότερη ικανοποίηση πελατών. Παραδείγματα από κορυφαίες εταιρείες (Amazon, DHL, Maersk, Zara κ.ά.) κατέδειξαν πώς η ενσωμάτωση τεχνολογιών IoT, ψηφιακών διδύμων, blockchain, ρομποτικής και τεχνητής νοημοσύνης εξελίσσει την OR, δημιουργώντας πιο ευέλικτα και βιώσιμα επιχειρησιακά περιβάλλοντα επιτρέποντας ένα μεγάλο φάσμα μελλοντικών χρήσεων και εφαρμογών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Οι αναδυόμενες τεχνολογίες όπως οι κβαντικοί υπολογιστές, το agentic AI, το edge computing και ψηφιακά δίδυμα πόλεων, επαυξάνουν την υπολογιστική ισχύ και φέρνουν την έρευνα πιο κοντά σε άμεση, σε πραγματικό χρόνο λήψη αποφάσεων. Παράλληλα, νέοι τομείς εφαρμογής όπως η βιώσιμη ανάπτυξη, η εξατομικευμένη ιατρική και οι έξυπνες πόλεις αναδεικνύουν τη δυνατότητα της OR να συμβάλλει ουσιαστικά στην επίλυση παγκόσμιων προβλημάτων. Παρακάτω βλέπουμε αυτούς τους νέους τομείς πιο διεξοδικά:

### **7.1 Αναδυόμενες τεχνολογίες και η επίδρασή τους στην επιχειρησιακή έρευνα**

Στην εποχή της ψηφιακής επανάστασης, η επιχειρησιακή έρευνα βρίσκεται σε ένα κρίσιμο σταυροδρόμι, καθώς αναδυόμενες τεχνολογίες αλλάζουν ριζικά τους τρόπους ανάλυσης δεδομένων και λήψης αποφάσεων. Μια από τις πιο συναρπαστικές εξελίξεις είναι η κβαντική υπολογιστική, η οποία αναμένεται να

μεταμορφώσει την προσέγγιση της επιχειρησιακής έρευνας σε σύνθετα προβλήματα βελτιστοποίησης.

Η κβαντική υπολογιστική αξιοποιεί τις αρχές της κβαντομηχανικής για την επίλυση προβλημάτων που είναι πρακτικά αδύνατο να επιλυθούν με συμβατικούς υπολογιστές. Σύμφωνα με έρευνα από το MDPI (2023), οι κβαντικοί υπολογιστές προσφέρουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας πολλαπλών λύσεων, ειδικά σε τομείς όπως ο συνδυαστικός προγραμματισμός και η βελτιστοποίηση διεργασιών. Αυτό θα επιτρέψει στην επιχειρησιακή έρευνα να επιλύει προβλήματα με εκατομμύρια μεταβλητές και περιορισμούς σε ελάχιστο χρόνο, ανοίγοντας νέους ορίζοντες για τη βελτιστοποίηση πολύπλοκων συστημάτων.

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και η μηχανική μάθηση (ML) αποτελούν επίσης σημαντικούς καταλύτες αλλαγής στον τομέα της επιχειρησιακής έρευνας. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης επιτρέπουν την αναγνώριση προτύπων σε τεράστιους όγκους δεδομένων, οδηγώντας σε καλύτερες προβλέψεις και αποφάσεις. Όπως αναφέρει η έρευνα της Simplilearn (2025), η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση μεταμορφώνουν τον κόσμο, με πρωτοποριακές εφαρμογές σε διάφορους τομείς που βοηθούν τις επιχειρήσεις να προχωρήσουν στο μέλλον με καινοτόμες ιδέες.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ανάπτυξη της πολυτροπικής AI και των AI agents (πρακτόρων τεχνητής νοημοσύνης), που ενεργούν αυτόνομα για την επίλυση προβλημάτων. Όπως επισημαίνεται στην έρευνα του MIT Sloan Management Review (Davenport & Bean, 2025), η τάση προς το "agentic AI" είναι αναπόφευκτη, με τους πράκτορες AI να συνεργάζονται για να εκτελέσουν πραγματική εργασία αντί απλώς να παράγουν περιεχόμενο. Αυτό σημαίνει ότι στο μέλλον, οι τεχνικές της επιχειρησιακής έρευνας θα μπορούν να εφαρμοστούν αυτόνομα από συστήματα AI, οδηγώντας σε συνεχή βελτιστοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.

Το Edge Computing αποτελεί μια ακόμη σημαντική τεχνολογική τάση που επηρεάζει την επιχειρησιακή έρευνα. Με την επεξεργασία δεδομένων κοντά στην πηγή τους, το Edge Computing επιτρέπει την ταχύτερη λήψη αποφάσεων και τη μείωση της καθυστέρησης μετάδοσης δεδομένων. Σύμφωνα με τη MobiDev (2025), το Edge Computing είναι κλειδί στα κατανεμημένα πλαίσια υπολογιστικής, επιταχύνοντας τις ταχύτητες επεξεργασίας και επιτρέποντας την ανάλυση σε πραγματικό χρόνο.

Τα ψηφιακά δίδυμα (Digital Twins) επίσης αναδύονται ως μια ισχυρή τεχνολογία που συνδυάζει την προσομοίωση με τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας. Όπως αναφέρει το ScienceDirect (2024), τα ψηφιακά δίδυμα που υποστηρίζονται από κβαντική υπολογιστική θα επηρεάσουν τομείς όπως η αστική βιωσιμότητα, η προγνωστική συντήρηση και η λήψη αποφάσεων που βασίζεται σε δεδομένα. Η επιχειρησιακή έρευνα διαδραματίζει καίριο ρόλο στη μοντελοποίηση και βελτιστοποίηση αυτών των ψηφιακών αναπαραστάσεων φυσικών συστημάτων.

## 7.2 Νέα πεδία εφαρμογής

Η επιχειρησιακή έρευνα επεκτείνεται σε νέα πεδία εφαρμογής, αντιμετωπίζοντας μερικές από τις μεγαλύτερες προκλήσεις της εποχής μας. Η βιώσιμη ανάπτυξη και η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αποτελούν τομείς όπου η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά.

Όπως αναφέρει η McKinsey (2022), η κβαντική υπολογιστική σε συνδυασμό με τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση περισσότερων από 7 γιγατόνων ισοδύναμου CO<sub>2</sub> ετησίως έως το 2035, μέσω της βελτιστοποίησης ενεργειακών συστημάτων, της ανάπτυξης νέων υλικών και της βελτίωσης της αποδοτικότητας των διαδικασιών. Η επιχειρησιακή έρευνα παρέχει τα μαθηματικά μοντέλα και τους αλγόριθμους για τη βελτιστοποίηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και την αποτελεσματικότερη διαχείριση των φυσικών πόρων.

Στον τομέα της υγείας, η εξατομικευμένη ιατρική αναδύεται ως ένα σημαντικό πεδίο εφαρμογής της επιχειρησιακής έρευνας. Οι τεχνικές της επιχειρησιακής έρευνας, σε συνδυασμό με την ανάλυση μεγάλων δεδομένων και την τεχνητή νοημοσύνη, επιτρέπουν την ανάπτυξη εξατομικευμένων θεραπευτικών πλάνων, τη βελτιστοποίηση της κατανομής πόρων στα συστήματα υγείας και την πρόβλεψη επιδημιών.

Οι έξυπνες πόλεις και τα συστήματα μεταφορών αποτελούν επίσης σημαντικά πεδία εφαρμογής της επιχειρησιακής έρευνας στο μέλλον. Οι τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας εφαρμόζονται στη βελτιστοποίηση της κυκλοφορίας, τη διαχείριση των δημόσιων συγκοινωνιών, την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων και τη διαχείριση των αστικών υποδομών, συμβάλλοντας στη δημιουργία πιο βιώσιμων και ανθεκτικών πόλεων.

## 7.3 Case Study: Η επιχειρησιακή έρευνα στη διαχείριση αποβλήτων - Το παράδειγμα της KAFSIS

Η KAFSIS αποτελεί μια ελληνική εταιρεία που ειδικεύεται στη συλλογή, διαλογή, αποθήκευση, μεταφορά και επεξεργασία μη επικινδύνων αποβλήτων, χρησιμοποιώντας τα ως πρώτη ύλη για την παραγωγή εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Τα κεντρικά γραφεία της εταιρείας βρίσκονται στην αττική, ενώ οι εγκαταστάσεις της είναι στρατηγικά τοποθετημένες σε διάφορα σημεία της ελληνικής επικράτειας.

Η KAFSIS αξιοποιεί προηγμένες τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας και τεχνολογία αιχμής για να βελτιστοποιήσει τις διαδικασίες διαχείρισης αποβλήτων. Ο στόλος της, αποτελούμενος από εξειδικευμένα οχήματα αποκλειστικής χρήσης για τη διαχείριση αποβλήτων, έχει αναπτυχθεί με βάση τις σύγχρονες περιβαλλοντικές απαιτήσεις και εξασφαλίζει την ασφαλή και γρήγορη μεταφορά των αποβλήτων προς επεξεργασία και ανακύκλωση.

Ένα από τα καινοτόμα προγράμματα που εφάρμοσε η εταιρεία είναι το περιβαλλοντικό πρόγραμμα "ZERO WASTE", το οποίο εφαρμόστηκε με επιτυχία στο μεγαλύτερο ποσοστό των πελατών της το 2017. Το πρόγραμμα αυτό στοχεύει στην ορθή εφαρμογή της κυκλικής διαχείρισης των οργανικών και ζωικών αποβλήτων, μετατρέποντάς τα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Η επιχειρησιακή έρευνα διαδραματίζει καίριο ρόλο στις δραστηριότητες της KAFSIS με διάφορους τρόπους:

1. **Βελτιστοποίηση δρομολογίων:** Η εταιρεία χρησιμοποιεί αλγόριθμους βελτιστοποίησης για να σχεδιάσει τα βέλτιστα δρομολόγια των οχημάτων συλλογής, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η τοποθεσία των σημείων συλλογής, η κυκλοφοριακή συμφόρηση, οι καιρικές συνθήκες και άλλους περιορισμούς. Αυτό έχει οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κόστους μεταφοράς και των εκπομπών CO<sub>2</sub>.
2. **Προγραμματισμός προσωπικού:** Τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας εφαρμόζονται για τον βέλτιστο προγραμματισμό του προσωπικού, εξασφαλίζοντας ότι οι κατάλληλοι άνθρωποι με τις κατάλληλες δεξιότητες είναι διαθέσιμοι στο σωστό τόπο και χρόνο, μεγιστοποιώντας την αποδοτικότητα και ελαχιστοποιώντας το κόστος.
3. **Διαχείριση αποθήκης:** Η εταιρεία χρησιμοποιεί μοντέλα βελτιστοποίησης για τη διαχείριση των αποθεμάτων και των αποθηκών της, διασφαλίζοντας την αποτελεσματική αποθήκευση των αποβλήτων πριν την επεξεργασία τους.
4. **Βελτιστοποίηση παραγωγής ενέργειας:** Προηγμένα μοντέλα βελτιστοποίησης εφαρμόζονται για να μεγιστοποιήσουν την παραγωγή ενέργειας από τα απόβλητα, λαμβάνοντας υπόψη τη σύνθεση και την ποιότητα των αποβλήτων, τις δυνατότητες των εγκαταστάσεων και άλλους περιορισμούς.

Η εφαρμογή τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας έχει οδηγήσει σε σημαντικά οφέλη για την KAFSIS και τους πελάτες της:

- Μείωση του λειτουργικού κόστους κατά περίπου 20-25%
- αύξηση της αποδοτικότητας των διαδικασιών συλλογής και επεξεργασίας αποβλήτων
- Μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> και του περιβαλλοντικού αποτυπώματος
- Βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών και αύξηση της ικανοποίησης των πελατών
- Συμβολή στην κυκλική οικονομία και τη βιώσιμη ανάπτυξη

Η περίπτωση της KAFSIS αναδεικνύει πώς η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί να συμβάλει στη βιώσιμη διαχείριση αποβλήτων και την προστασία του περιβάλλοντος, προσφέροντας ταυτόχρονα σημαντικά οικονομικά οφέλη για τις επιχειρήσεις.

#### 7.4 Προκλήσεις και ευκαιρίες για επαγγελματίες του κλάδου

Οι ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις δημιουργούν νέες προκλήσεις αλλά και ευκαιρίες για τους επαγγελματίες της επιχειρησιακής έρευνας. Όπως αναφέρεται στην έρευνα του MIT Sloan Management Review (2024), πέρα από τις παραδοσιακές γνώσεις μαθηματικών και στατιστικής, απαιτούνται πλέον δεξιότητες προγραμματισμού, γνώσεις μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης, κατανόηση της διαχείρισης μεγάλων δεδομένων και ικανότητα επικοινωνίας πολύπλοκων τεχνικών λύσεων σε μη τεχνικό κοινό.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου και τεχνητής νοημοσύνης αποτελεί επίσης ένα σημαντικό πεδίο εξέλιξης. Τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη λειτουργούν ολοένα και περισσότερο σε συνεργασία με τους ανθρώπους, δημιουργώντας υβριδικά συστήματα λήψης αποφάσεων. Οι επαγγελματίες της επιχειρησιακής έρευνας θα πρέπει να είναι σε θέση να αξιοποιούν τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης, ενώ παράλληλα θα παρέχουν την απαραίτητη κρίση και εμπειρία που δεν μπορούν να προσφέρουν τα αυτοματοποιημένα συστήματα.

Η διεπιστημονική συνεργασία αναδεικνύεται επίσης ως καθοριστικός παράγοντας για τους επαγγελματίες του κλάδου. Όπως αναφέρεται στην Tandfonline (2023), η αποτελεσματική αντιμετώπιση σύνθετων προβλημάτων απαιτεί τη συνεργασία της επιχειρησιακής έρευνας με άλλους κλάδους, όπως η επιστήμη δεδομένων, η ρομποτική, οι νευροεπιστήμονες και οι κοινωνικές επιστήμες. Αυτό απαιτεί από τους επαγγελματίες της επιχειρησιακής έρευνας να αναπτύξουν ικανότητες συνεργασίας και επικοινωνίας με επιστήμονες και επαγγελματίες από διαφορετικά πεδία.

Τέλος, η εμφάνιση νέων επιχειρηματικών μοντέλων δημιουργεί σημαντικές ευκαιρίες για τους επαγγελματίες της επιχειρησιακής έρευνας. Η άνοδος της οικονομίας διαμοιρασμού, των πλατφορμών και των ψηφιακών οικοσυστημάτων απαιτεί νέες προσεγγίσεις στη βελτιστοποίηση και τη λήψη αποφάσεων, δημιουργώντας ευκαιρίες για την εφαρμογή τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας σε νέους τομείς.

#### 7.5 Ηθικά ζητήματα και προβληματισμοί

Καθώς η επιχειρησιακή έρευνα εισέρχεται σε μια νέα εποχή με την αυξανόμενη χρήση μεγάλων δεδομένων και τεχνητής νοημοσύνης, αναδύονται σημαντικά ηθικά ζητήματα και προβληματισμοί. Η διαφάνεια και η ερμηνευσιμότητα των αλγορίθμων αποτελούν ένα από τα κυριότερα ζητήματα. Πολλοί προηγμένοι αλγόριθμοι, ιδιαίτερα αυτοί που βασίζονται στη βαθιά μάθηση, λειτουργούν ως "μαύρα κουτιά", καθιστώντας δύσκολη την κατανόηση και εξήγηση των αποφάσεων που λαμβάνουν. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη εμπιστοσύνης από τους χρήστες και να δημιουργήσει νομικά και ηθικά προβλήματα, ιδιαίτερα σε κρίσιμους τομείς όπως η υγειονομική περίθαλψη και το χρηματοπιστωτικό σύστημα.

Η αντιμετώπιση των προκαταλήψεων στα συστήματα λήψης αποφάσεων αποτελεί επίσης σημαντική πρόκληση. Τα μοντέλα μηχανικής μάθησης που εκπαιδεύονται σε

ιστορικά δεδομένα μπορεί να αναπαράγουν και να ενισχύουν υπάρχουσες προκαταλήψεις και διακρίσεις. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε άδικες ή μεροληπτικές αποφάσεις σε τομείς όπως οι προσλήψεις, η δανειοδότηση και η ποινική δικαιοσύνη. Η ανάπτυξη αλγορίθμων που προωθούν τη δικαιοσύνη και την ισότητα είναι ένα αναδυόμενο πεδίο έρευνας με σημαντικές κοινωνικές επιπτώσεις.

Η ιδιωτικότητα και η ασφάλεια των δεδομένων αποτελούν επίσης κρίσιμα ζητήματα. Η αυξανόμενη συλλογή και επεξεργασία προσωπικών δεδομένων για την βελτιστοποίηση επιχειρηματικών λειτουργιών εγείρει σοβαρές ανησυχίες σχετικά με την προστασία της ιδιωτικότητας. Οι τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας θα πρέπει να ενσωματώνουν αρχές προστασίας δεδομένων εκ σχεδιασμού και εξ ορισμού, σύμφωνα με κανονισμούς όπως ο GDPR.

Τέλος, οι επιπτώσεις της αυτοματοποίησης στην απασχόληση αποτελούν ένα σημαντικό κοινωνικό ζήτημα. Η αυξανόμενη αυτοματοποίηση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων μέσω τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας και τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια θέσεων εργασίας, ιδιαίτερα σε τομείς όπου οι αποφάσεις λαμβάνονταν παραδοσιακά από ανθρώπους. Η αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης απαιτεί μια ισορροπημένη προσέγγιση που θα αξιοποιεί τα οφέλη της αυτοματοποίησης, ενώ παράλληλα θα μεριμνά για την επανεκπαίδευση των εργαζομένων και την ανάπτυξη νέων ρόλων και δεξιοτήτων.

## **ΕΠΙΛΟΓΟΣ**

Καθώς η αυτοματοποίηση και η τεχνητή νοημοσύνη γίνονται κεντρικά εργαλεία, τίθενται κρίσιμα ζητήματα ηθικής, διαφάνειας και προστασίας προσωπικών δεδομένων, ενώ η επανεκπαίδευση του ανθρώπινου δυναμικού και η διεπιστημονική συνεργασία αναδεικνύονται αναγκαίες. Η διττή πρόκληση είναι να αξιοποιηθούν τα τεχνολογικά οφέλη χωρίς να θιγούν κοινωνικές αξίες και δικαιοσύνη, εξασφαλίζοντας δίκαιες, βιώσιμες και αποτελεσματικές λύσεις.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### Σύνοψη βασικών ευρημάτων

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξέτασε την εξέλιξη και προσαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας στη σύγχρονη ψηφιακή εποχή. Μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και την ανάλυση μελετών περίπτωσης, αναδείχθηκαν οι τρόποι με τους οποίους οι ψηφιακές τεχνολογίες και ο ψηφιακός μετασχηματισμός έχουν επηρεάσει και διευρύνει το πεδίο εφαρμογής της επιχειρησιακής έρευνας.

Ένα βασικό εύρημα είναι ότι οι τεχνολογίες όπως τα μεγάλα δεδομένα, η τεχνητή νοημοσύνη, το διαδίκτυο των πραγμάτων και το υπολογιστικό νέφος έχουν εμπλουτίσει τις παραδοσιακές μεθόδους επιχειρησιακής έρευνας, επιτρέποντας την αντιμετώπιση πιο πολύπλοκων προβλημάτων και την ανάλυση μεγαλύτερου όγκου δεδομένων. Όπως επισημαίνεται στην περιγραφή του προγράμματος σπουδών του Οικονομικού Πανεπιστημίου αθηνών, η Επιχειρησιακή Έρευνα και η Επιχειρηματική αναλυτική αποτελούν μια διαρκώς εξελισσόμενη επιστημονική περιοχή που βιώνει μια εκ νέου ακμή κατά την τελευταία δεκαετία, ακριβώς λόγω του αυξημένου μεγέθους και πολυπλοκότητας των σύγχρονων προβλημάτων λήψης αποφάσεων.

Ένα άλλο σημαντικό εύρημα είναι η διεύρυνση των πεδίων εφαρμογής της επιχειρησιακής έρευνας. Από την παραδοσιακή εφαρμογή σε τομείς όπως η διαχείριση αποθεμάτων και η βελτιστοποίηση παραγωγής, η επιχειρησιακή έρευνα πλέον επεκτείνεται σε νέους τομείς όπως η εξατομικευμένη ιατρική, οι έξυπνες πόλεις, η βιώσιμη ανάπτυξη και η ψηφιακή οικονομία. Όπως φάνηκε από το παράδειγμα της KAFSIS, η επιχειρησιακή έρευνα μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων και στην προώθηση της κυκλικής οικονομίας.

Επιπλέον, η εργασία ανέδειξε τη συμβολή της επιχειρησιακής έρευνας στον ψηφιακό μετασχηματισμό των επιχειρήσεων. Οι τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας βοηθούν τις επιχειρήσεις να αξιοποιήσουν αποτελεσματικά τις νέες τεχνολογίες, να βελτιστοποιήσουν τις ψηφιακές τους λειτουργίες και να αναπτύξουν νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Όπως αναφέρεται στον ιστότοπο του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, η επιχειρησιακή έρευνα παρέχει τη δυνατότητα μοντελοποίησης ενός πραγματικού επιχειρησιακού προβλήματος μέσω της ανάπτυξης κατάλληλων προτύπων και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την επίλυσή του.

Τέλος, η εργασία εντόπισε σημαντικές προκλήσεις και ηθικά ζητήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή των τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας στην ψηφιακή εποχή, όπως η διαφάνεια των αλγορίθμων, η αντιμετώπιση προκαταλήψεων, η προστασία δεδομένων και οι επιπτώσεις της αυτοματοποίησης στην απασχόληση. Αυτά τα ζητήματα απαιτούν προσεκτική διαχείριση και την ανάπτυξη κατάλληλων πλαισίων διακυβέρνησης.

### **Ο ρόλος της επιχειρησιακής έρευνας στη σύγχρονη ψηφιακή οικονομία**

Στη σύγχρονη ψηφιακή οικονομία, η επιχειρησιακή έρευνα αναδεικνύεται ως καταλύτης καινοτομίας και ανταγωνιστικότητας. Σύμφωνα με τον ιστότοπο του eClass του ΤΕΙ Πειραιά, η επιχειρησιακή έρευνα αποτελεί βασικό εργαλείο του σύγχρονου management για την επίλυση επιτελικών και επιχειρησιακών προβλημάτων απόφασης σε όλο το φάσμα λειτουργίας των επιχειρήσεων και οργανισμών, όπως η παραγωγή, το μάρκετινγκ, η παροχή υπηρεσιών και η χρηματο-οικονομική διαχείριση.

Η επιχειρησιακή έρευνα συμβάλλει στην αντιμετώπιση σύνθετων προκλήσεων του ψηφιακού περιβάλλοντος. Σε ένα επιχειρηματικό περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από αυξανόμενη πολυπλοκότητα, αβεβαιότητα και ταχεία αλλαγή, οι τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας παρέχουν ένα δομημένο πλαίσιο για τη λήψη αποφάσεων και τη διαχείριση πόρων. Οι επιχειρήσεις που αξιοποιούν αυτές τις τεχνικές είναι καλύτερα προετοιμασμένες να αντιμετωπίσουν απρόβλεπτες καταστάσεις και να προσαρμοστούν σε μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Η επιχειρησιακή έρευνα διαδραματίζει επίσης κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη και βελτιστοποίηση των ψηφιακών πλατφορμών και οικοσυστημάτων. Οι ψηφιακές πλατφόρμες αξιοποιούν προηγμένες τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας για τη βελτιστοποίηση του ταιριάσματος μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, τη δυναμική τιμολόγηση και τη διαχείριση των δικτυακών επιδράσεων. αυτές οι τεχνικές είναι καθοριστικές για την αποτελεσματικότητα και την επιτυχία των επιχειρηματικών μοντέλων πλατφόρμας.

Τέλος, η επιχειρησιακή έρευνα συμβάλλει στην προώθηση της βιωσιμότητας και της κοινωνικής ευθύνης στην ψηφιακή οικονομία. Όπως φάνηκε από την περίπτωση της KAFSIS, οι τεχνικές βελτιστοποίησης και λήψης αποφάσεων μπορούν να

ενσωματώσουν περιβαλλοντικούς και κοινωνικούς στόχους, καθιστώντας τις επιχειρήσεις πιο υπεύθυνες και βιώσιμες. Αυτό συμβάλλει στην επίτευξη των Στόχων Βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών και στη δημιουργία μιας πιο βιώσιμης οικονομίας.

### **Προτάσεις για επιχειρήσεις και οργανισμούς**

Με βάση τα ευρήματα της παρούσας εργασίας, προτείνονται οι ακόλουθες στρατηγικές για τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς που επιθυμούν να αξιοποιήσουν την επιχειρησιακή έρευνα στο πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού τους:

**Ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής αναλυτικής:** Οι επιχειρήσεις πρέπει να δημιουργήσουν μια σαφή στρατηγική για την ενσωμάτωση της επιχειρησιακής έρευνας και της αναλυτικής δεδομένων σε όλες τις πτυχές της επιχείρησης. Αυτή η στρατηγική θα πρέπει να ευθυγραμμίζεται με τους επιχειρηματικούς στόχους, να καθορίζει σαφείς ρόλους και ευθύνες, και να προβλέπει τις απαραίτητες επενδύσεις σε τεχνολογία και ανθρώπινο δυναμικό.

**Επένδυση στην ανάπτυξη δεξιοτήτων:** Η επιτυχής εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας απαιτεί ένα συνδυασμό τεχνικών, επιχειρηματικών και διαπροσωπικών δεξιοτήτων. Οι επιχειρήσεις πρέπει να επενδύσουν σε προγράμματα εκπαίδευσης και ανάπτυξης που θα ενισχύσουν τις δεξιότητες των εργαζομένων σε τομείς όπως η ανάλυση δεδομένων, η μηχανική μάθηση, η επίλυση προβλημάτων και η επικοινωνία.

**Υιοθέτηση μιας διεπιστημονικής προσέγγισης:** Η πολυπλοκότητα των σύγχρονων επιχειρηματικών προβλημάτων απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση. Οι επιχειρήσεις πρέπει να δημιουργήσουν διεπιστημονικές ομάδες που συνδυάζουν εμπειρογνώμονες από διάφορους τομείς, όπως η επιχειρησιακή έρευνα, η επιστήμη δεδομένων, η πληροφορική και οι επιχειρηματικές λειτουργίες. Αυτές οι ομάδες μπορούν να συνεργαστούν για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων λύσεων που αντιμετωπίζουν τις πολυδιάστατες προκλήσεις του ψηφιακού μετασχηματισμού.

**Εφαρμογή σταδιακής προσέγγισης:** Η ενσωμάτωση της επιχειρησιακής έρευνας στις επιχειρηματικές λειτουργίες μπορεί να είναι μια σύνθετη διαδικασία. Οι επιχειρήσεις πρέπει να ακολουθήσουν μια σταδιακή προσέγγιση, ξεκινώντας με πιλοτικά έργα που επικεντρώνονται σε συγκεκριμένα επιχειρηματικά προβλήματα και σταδιακά επεκτείνοντας την εφαρμογή σε περισσότερες περιοχές. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στις επιχειρήσεις να μάθουν από τις εμπειρίες τους, να προσαρμόσουν τις στρατηγικές τους και να χτίσουν σταδιακά τις απαραίτητες δεξιότητες και υποδομές.

**Ανάπτυξη ηθικών πλαισίων:** Καθώς η χρήση της επιχειρησιακής έρευνας και της τεχνητής νοημοσύνης εγείρει σημαντικά ηθικά ζητήματα, οι επιχειρήσεις θα πρέπει να αναπτύξουν σαφή ηθικά πλαίσια και κατευθυντήριες γραμμές. Οι επιχειρήσεις πρέπει να υιοθετήσουν αρχές όπως η διαφάνεια, η δικαιοσύνη, η προστασία της

ιδιωτικότητας και η υπευθυνότητα στην ανάπτυξη και εφαρμογή αλγορίθμων και συστημάτων λήψης αποφάσεων.

**Πρώθηση κουλτούρας βασισμένης σε δεδομένα:** Η επιτυχής εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας απαιτεί μια οργανωσιακή κουλτούρα που αξιοποιεί τα δεδομένα και την ανάλυση για τη λήψη αποφάσεων. Οι επιχειρήσεις πρέπει να δημιουργήσουν μια κουλτούρα που ενθαρρύνει τη χρήση δεδομένων, την πειραματική προσέγγιση, τη συνεχή μάθηση και την προσαρμοστικότητα. Αυτή η κουλτούρα μπορεί να ενισχυθεί μέσω ηγετικής υποστήριξης, συστημάτων κινήτρων και επενδύσεων σε εκπαίδευση και ανάπτυξη.

### **Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Παρά τη συμβολή της παρούσας εργασίας στην κατανόηση της εξέλιξης και προσαρμογής της επιχειρησιακής έρευνας στην ψηφιακή εποχή, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Πρώτον, η εργασία βασίζεται κυρίως σε θεωρητική ανάλυση και δευτερογενή δεδομένα, χωρίς πρωτογενή έρευνα που θα μπορούσε να προσφέρει νέες εμπειρικές ενδείξεις. Δεύτερον, το ταχέως μεταβαλλόμενο περιβάλλον των ψηφιακών τεχνολογιών σημαίνει ότι ορισμένα συμπεράσματα μπορεί να έχουν περιορισμένη χρονική ισχύ.

Με βάση αυτούς τους περιορισμούς και τα ευρήματα της εργασίας, προτείνονται οι ακόλουθες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα:

**Εμπειρική μελέτη της αποτελεσματικότητας των τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας:** Προτείνεται η διεξαγωγή εμπειρικών μελετών που θα αξιολογούν την αποτελεσματικότητα διαφόρων τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας σε διαφορετικούς τομείς και επιχειρηματικά περιβάλλοντα στην Ελλάδα. Αυτές οι μελέτες θα μπορούσαν να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με το ποιες τεχνικές είναι πιο αποτελεσματικές σε συγκεκριμένα πλαίσια και συνθήκες.

**Διερεύνηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπου και τεχνητής νοημοσύνης:** Προτείνεται η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη και την επιχειρησιακή έρευνα. Η κατανόηση αυτής της αλληλεπίδρασης θα μπορούσε να οδηγήσει στο σχεδιασμό αποτελεσματικότερων συστημάτων που αξιοποιούν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα τόσο των ανθρώπων όσο και των μηχανών.

**ανάπτυξη πλαισίων για ηθική χρήση της επιχειρησιακής έρευνας:** Προτείνεται η ανάπτυξη ολοκληρωμένων πλαισίων για την ηθική χρήση της επιχειρησιακής έρευνας και της τεχνητής νοημοσύνης στο ελληνικό επιχειρηματικό περιβάλλον. Αυτά τα πλαίσια θα μπορούσαν να καθοδηγήσουν τις επιχειρήσεις στην αντιμετώπιση ζητημάτων όπως η διαφάνεια, η δικαιοσύνη, η προστασία της ιδιωτικότητας και η υπευθυνότητα.

**Διερεύνηση νέων πεδίων εφαρμογής:** Προτείνεται η διερεύνηση νέων πεδίων εφαρμογής της επιχειρησιακής έρευνας στην Ελλάδα, όπως η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, η εξατομικευμένη ιατρική και οι έξυπνες πόλεις. Αυτή η έρευνα θα μπορούσε να αναδείξει νέες ευκαιρίες και προκλήσεις για την εφαρμογή της επιχειρησιακής έρευνας σε τομείς με σημαντικό κοινωνικό αντίκτυπο.

**Μελέτη της επίδρασης των αναδυόμενων τεχνολογιών:** Προτείνεται η μελέτη του τρόπου με τον οποίο αναδυόμενες τεχνολογίες όπως η κβαντική υπολογιστική, η γενετική τεχνητή νοημοσύνη και το blockchain θα επηρεάσουν την επιχειρησιακή έρευνα στην Ελλάδα. Αυτή η έρευνα θα μπορούσε να βοηθήσει στην προετοιμασία για τις μελλοντικές εξελίξεις και στην αξιοποίηση των νέων ευκαιριών που θα προκύψουν.

Εν κατακλείδι, η επιχειρησιακή έρευνα στην ψηφιακή εποχή βρίσκεται σε μια περίοδο σημαντικών αλλαγών και ευκαιριών. Οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί στην Ελλάδα που θα αξιοποιήσουν αποτελεσματικά τις τεχνικές επιχειρησιακής έρευνας σε συνδυασμό με τις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες θα αποκτήσουν σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα και θα είναι καλύτερα προετοιμασμένοι για τις προκλήσεις του μέλλοντος. Η μελλοντική έρευνα θα συμβάλει στην περαιτέρω κατανόηση και αξιοποίηση αυτών των ευκαιριών, καθώς και στην αντιμετώπιση των σχετικών προκλήσεων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Βικιπαίδεια. (2024). Επιχειρησιακή έρευνα. Ανακτήθηκε από [https://el.Wikipedia.org/wiki/Επιχειρησιακή\\_έρευνα](https://el.Wikipedia.org/wiki/Επιχειρησιακή_έρευνα)
- Μπελιάς, Δ., & Κουστέλιος, α. (2014). Επιχειρησιακή έρευνα και διοίκηση: Μια ιστορική ανασκόπηση. *Ελληνικό Περιοδικό Διοίκησης Επιχειρήσεων*, 12(1), 45–62.
- Μαγείρου, Ε. (2012). *Παίγνια και αποφάσεις*. Εκδόσεις Κρητική.
- Ματσατσίνης, Ν., & Ζοπουνίδης, Κ. (2010). *Συστήματα αποφάσεων με πολλαπλά κριτήρια: Θεωρία και εφαρμογές*. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Πραστάκος, Γ. Π. (2006). *Διοικητική επιστήμη: Λήψη επιχειρησιακών αποφάσεων στην κοινωνία της πληροφορίας*. Εκδόσεις Σταμούλη.
- Βικιπαίδεια. (2024). Ψηφιακός μετασχηματισμός. Ανακτήθηκε από [https://el.Wikipedia.org/wiki/Ψηφιακός\\_μετασχηματισμός](https://el.Wikipedia.org/wiki/Ψηφιακός_μετασχηματισμός)
- Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης. (2024). *Ο ψηφιακός μετασχηματισμός κεντρική επιχειρηματική στρατηγική για 8 στις 10 επιχειρήσεις*. Ανακτήθηκε από <https://www.ekt.gr/el/news/26722>
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2023). *Διαμόρφωση ψηφιακού μετασχηματισμού: Επεξήγηση της στρατηγικής της ΕΕ*. Ανακτήθηκε από <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20201208STO93325/διαμόρφωση-του-ψηφιακού-μετασχηματισμού-της-Ευρώπης>
- Βασιλείου, Π. Χ., Τσακλίδης, Γ., & Τσάντας, Ν. (2000). *Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα*. Εκδόσεις Ζήτη.
- Γεωργούλη, Α. (2015). *Τεχνητή νοημοσύνη*. ΣΕΑΒ, ΚΑΛΛΙΠΟΣ. Ανακτήθηκε από <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/1307>
- Taha, Η. (2023). *Εισαγωγή στην επιχειρησιακή έρευνα* (11η έκδ.). Εκδόσεις Τζιόλα.
- Ελληνική Εταιρεία Επιχειρησιακών Ερευνών. (2023). *Διεθνές συνέδριο για την επιχειρησιακή έρευνα – HELORS 2023*. Ανακτήθηκε από <https://www.eeee.org.gr/>
- Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. (2023). *Επιχειρησιακή έρευνα και επιχειρηματική αναλυτική*. Ανακτήθηκε από <https://www.dept.aueb.gr/el/dmst/content/επιχειρησιακή-έρευνα-και-επιχειρηματική-αναλυτική>

## Ξενόγλωση Βιβλιογραφία

- Dantzig, G. B. (2002). Linear programming. *Operations Research*, 50(1), 42–47. <https://doi.org/10.1287/opre.50.1.42.17798>
- Geoffrion, A. M. (2001). Prospects for operations research in the e-business era. In *Proceedings of the Eighth INFORMS Computing Society Conference on Optimization in the E-Commerce Era* (pp. 1–4). UCLA Anderson School of Management.
- Holmlund, M., Strandvik, T., & Lähteenmäki, I. (2020). Digital transformation: A review, synthesis and opportunities for future research. *Management Review Quarterly*, 70(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11301-020-00185-7>
- Kraus, S., Schiavone, F., Pluzhnikova, A., & Invernizzi, A. C. (2021). Digital transformation in healthcare: Analyzing the current state-of-research. *Journal of Business Research*, 123, 557–567. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.10.030>
- Reis, J., Amorim, M., Melão, N., & Matos, P. (2018). Digital transformation: A literature review and guidelines for future research. In Á. Rocha, H. Adeli, L. P. Reis, & S. Costanzo (Eds.), *Trends and advances in information systems and technologies* (WorldCIST'18 2018, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 745, pp. 411–421). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77703-0_41)
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.022>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Xia, T., Xu, X., & Saha, S. (2023). The role of digital transformation practices in the operations improvement in manufacturing firms: A practice-based view. *International Journal of Production Economics*, 255, Article 108675. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108675>
- Computer Science Stack Exchange. (2020). Data science vs operations research. Retrieved from <https://cs.stackexchange.com/questions/122551/data-science-vs-operations-research>
- Fosso Wamba, S., Gunasekaran, A., Dubey, R., & Ngai, E. W. T. (2018). Big data analytics in operations and supply chain management. *Annals of*

*Operations Research*, 270(1–2), 1–4. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-3024-8>

- Ghaddar, B., Mevissen, M., & Mieth, C. (2024). Artificial intelligence for operations research: Revolutionizing the operations research process. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2401.03244>
- De Bock, K. W., Coussement, K., De Caigny, A., & Słowiński, R. (2023). Explainable AI for operational research: A defining framework, methods, applications, and a research agenda. *European Journal of Operational Research*, 317(2), 249–272. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.09.003>
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- AiMultiple. (2024). The impact of cloud computing on carbon emissions. Retrieved from <https://aimultiple.com/cloud-computing-carbon-emissions>
- IBM. (2024). The future of business models. Retrieved from <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/future-business-models>
- Wharton School. (2024). Generative AI and business models. Retrieved from <https://www.wharton.upenn.edu/story/generative-ai-and-business-models/>
- Wang, Y., Han, J. H., & Beynon-Davies, P. (2020). The impact of logistics innovation on complexity, risk and visibility: Evidence from China. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 143, Article 102092. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102092>