



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Πληροφοριακά και Επικοινωνιακά Συστήματα

Επισκόπηση της Προσαρμογής & Εξέλιξης Επιχειρησιακών
Διαδικασιών

Survey on Business Process Adaptation and Evolution

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΠΙΤΣΑ
A.M. 3252023013

Επιβλέπων: Κυριάκος Κρητικός, Καθηγητής

Μέλη Επιτροπής Εξέτασης: Σπυρίδων Κοκολάκης, Καθηγητής & Γιάννης Χαραλαμπίδης, Καθηγητής

Σάμος, Ιούλιος 2026

Πρόλογος και ευχαριστίες

Ευχαριστώ τη σύζυγο μου Πωλίνα για όλη την πολύτιμη υποστήριξη της σε αυτή τη προσπάθεια συνδυάζοντας επαγγελματικές, προσωπικές και ακαδημαϊκές υποχρεώσεις.

© 2026

του

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΠΙΤΣΑ

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή	1
1.1	Επιχειρησιακές Διαδικασίες και Σύγχρονες Απαιτήσεις	1
1.2	Αντικείμενο Διπλωματικής.....	2
1.3	Συνεισφορά της Εργασίας.....	2
1.4	Δομή της Διπλωματικής.....	3
2	Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	4
2.1	Επιχειρησιακές Διαδικασίες.....	4
2.2	Κύκλος Ζωής Επιχειρησιακών Διαδικασιών	6
2.3	Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών	8
2.4	Προσαρμογή Επιχειρησιακών Διαδικασιών	10
2.5	Εξέλιξη Επιχειρησιακών Διαδικασιών.....	11
3	Μεθοδολογία Βιβλιογραφικής Επισκόπησης.....	13
3.1	Στόχος της Επισκόπησης & Ερευνητικά Ερωτήματα	13
3.2	Στρατηγική Αναζήτησης.....	15
3.3	Διαδικασία Βιβλιογραφικής Αναζήτησης & Επιλογής.....	16
3.4	Ποσοτική Ανάλυση.....	17
3.4.1	Κατανομή Άρθρων ανά Εκδότη.....	17
3.4.2	Κατανομή Άρθρων ανά Τύπο Δημοσίευσης	18
3.4.3	Κατανομή Άρθρων ανά Έτος Δημοσίευσης	19
4	Προσεγγίσεις Προσαρμογής Επιχειρησιακών Διαδικασιών	21
4.1	Κατηγοριοποίηση Προσεγγίσεων Προσαρμογής.....	22
4.2	Case Handling.....	25
4.2.1	Case Handling: A New Paradigm for Business Process Support.....	27
4.3	Exception Handling.....	29
4.3.1	Dynamic and Extensible Exception Handling for Workflows.....	30
4.3.2	Automated Runtime Repair of Business Processes	32
4.4	Predictive Adaptation.....	34
4.4.1	Αντιπροσωπευτική Προσέγγιση: Predictive BPaaS Management with Quantum and Neural Computing	34
5	Προσεγγίσεις Εξέλιξης Επιχειρησιακών Διαδικασιών	36
5.1	Κατηγοριοποίηση Προσεγγίσεων Εξέλιξης Επιχειρησιακών Διαδικασιών.....	38
5.2	Schema-based Evolution.....	41

5.2.1	<i>Direct Schema Change</i>	42
5.2.2	<i>Schema Evolution with Instance Migration</i>	43
5.2.3	<i>Incremental (Operator-based) Evolution</i>	44
5.2.4	<i>Αντιπροσωπευτική Προσέγγιση: Change Support in Process-Aware Information Systems</i>	45
5.2.5	<i>Συμπληρωματική Αντιπροσωπευτική Προσέγγιση Schema-based Evolution: Amoeba Methodology</i>	46
5.3	<i>Version-based Evolution</i>	47
5.3.1	<i>Co-existing Process Versions</i>	48
5.3.2	<i>Version Migration</i>	49
5.3.3	<i>Configuration-based Evolution μέσω Process Variants</i>	50
5.3.4	<i>Αντιπροσωπευτική Προσέγγιση Version-based Evolution: CCBR-driven Business Process Evolution</i>	51
5.4	<i>Σχέση Process Evolution και Process Flexibility</i>	51
5.4.1	<i>Towards a Taxonomy of Process Flexibility</i>	52
5.5	<i>Σύνοψη και Σύνθεση των Προσεγγίσεων Εξέλιξης</i>	54
6	Συγκριτική Αποτίμηση Κατηγοριών Προσεγγίσεων	58
6.1	<i>Κριτήρια Αποτίμησης</i>	58
6.2	<i>Αποτελέσματα Αποτίμησης</i>	59
6.3	<i>Βασικά Συμπεράσματα της Συγκριτικής Αποτίμησης</i>	60
7	Ερευνητικά Κενά και Μελλοντικές Ερευνητικές Κατευθύνσεις	62
7.1	<i>Ισορροπία ευελιξίας και εγγυήσεων ορθότητας</i>	62
7.2	<i>Ερμηνευσιμότητα και λογοδοσία αυτοματοποιημένων αποφάσεων</i>	62
7.3	<i>Ποιότητα και διακυβέρνηση δεδομένων</i>	63
7.4	<i>Διαλειτουργικότητα και καταναεμημένα περιβάλλοντα BPaaS</i>	63
7.5	<i>Από την εξόρυξη αλλαγών στον κλειστό βρόχο μάθησης</i>	63
7.6	<i>Ανθρώπινη εποπτεία σε ευφυή BPM</i>	63
8	Συμπεράσματα	65
8.1	<i>Συνεισφορά της Εργασίας</i>	65
8.2	<i>Εμπειρία από την Εκπόνηση της Εργασίας</i>	65
8.3	<i>Βασικά Συμπεράσματα</i>	65
	Βιβλιογραφία	67

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1. Βασικές φάσεις του κύκλου ζωής επιχειρησιακών διαδικασιών	6
Πίνακας 2. Βασικά υποσυστήματα ενός Business Process Management System.....	9
Πίνακας 3. Διαδικασία βιβλιογραφικής αναζήτησης και επιλογής. Πηγή: Προσαρμογή από Kitchenham (2004) Webster & Watson (2002)	16
Πίνακας 4. Κατανομή άρθρων ανά εκδότη	18
Πίνακας 5. Κατανομή άρθρων ανά τύπο δημοσίευσης	19
Πίνακας 6. Αριθμός άρθρων ανά έτος δημοσίευσης	19
Πίνακας 7. Σχήμα ταξινόμησης.....	24
Πίνακας 8. Αντιστοίχιση προσεγγίσεων προσαρμογής με τις κατηγορίες του Κεφαλαίου 4	25
Πίνακας 9. Σύνοψη της αντιπροσωπευτικής προσέγγισης της κατηγορίας Case Handling	29
Πίνακας 10. Σύνοψη των δύο αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων της κατηγορίας Exception Handling.....	33
Πίνακας 11. Σύνοψη αντιπροσωπευτικής προσέγγισης για την κατηγορία Predictive Adaptation	34
Πίνακας 12. Προσεγγίσεις Version-based Evolution	48
Πίνακας 13. Κριτήρια σύγκρισης προσεγγίσεων προσαρμογής και εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών	58

Ακρωνύμια

AI	Artificial Intelligence
BPaaS	Business Process as a Service
BPM	Business Process Management
BPMS	Business Process Management System
PAIS	Process-Aware Information System

Περίληψη

Η διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Management – BPM) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους άξονες της σύγχρονης οργανωσιακής λειτουργίας, καθώς επιτρέπει την αποτελεσματική μοντελοποίηση, εκτέλεση, παρακολούθηση και βελτιστοποίηση των επιχειρησιακών δραστηριοτήτων και διαδικασιών. Ωστόσο, η συνεχώς μεταβαλλόμενη φύση του επιχειρησιακού περιβάλλοντος, οι τεχνολογικές εξελίξεις, οι αλλαγές στη νομοθεσία, οι μεταβολές στις απαιτήσεις των πελατών και η ανάγκη ταχείας προσαρμογής των οργανισμών δημιουργούν αυξημένες απαιτήσεις ευελιξίας στις επιχειρησιακές διαδικασίες.

Στο πλαίσιο αυτό, η προσαρμογή (adaptation) και η εξέλιξη (evolution) των επιχειρησιακών διαδικασιών αποτελούν κρίσιμους ερευνητικούς και τεχνολογικούς τομείς. Η προσαρμογή αφορά κυρίως δυναμικές αλλαγές κατά τον χρόνο εκτέλεσης των διαδικασιών, ενώ η εξέλιξη σχετίζεται με τη μακροχρόνια τροποποίηση και αναδιοργάνωση των μοντέλων των διαδικασιών ώστε αυτές να ανταποκρίνονται σε νέες απαιτήσεις και συνθήκες.

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιεί συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση των σημαντικότερων προσεγγίσεων που έχουν προταθεί για την υποστήριξη της προσαρμογής και της εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών. Αρχικά παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο των επιχειρησιακών διαδικασιών και των συστημάτων BPM, ενώ στη συνέχεια αναλύονται οι βασικές έννοιες της προσαρμογής και της εξέλιξης διαδικασιών. Ακολούθως, παρουσιάζεται η μεθοδολογία συστηματικής βιβλιογραφικής επισκόπησης που ακολουθήθηκε για την επιλογή, φιλτράρισμα και αξιολόγηση των σχετικών επιστημονικών άρθρων.

Στο κύριο μέρος της εργασίας πραγματοποιείται κατηγοριοποίηση των υφιστάμενων προσεγγίσεων, ανάλυση των βασικών χαρακτηριστικών τους, καθώς και συγκριτική αξιολόγηση με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, όπως ο βαθμός ευελιξίας, η υποστήριξη δυναμικών αλλαγών, η αυτοματοποίηση, η διατήρηση συνέπειας, η κλιμακωσιμότητα και η υποστήριξη περιβαλλόντων υπολογιστικού νέφους (cloud) και Business Process as a Service – BPaaS (Επιχειρησιακή Διαδικασία ως Υπηρεσία). Επιπλέον, εντοπίζονται σημαντικά ερευνητικά κενά και προτείνονται μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις για την κάλυψή τους, οι οποίες σχετίζονται με την αξιοποίηση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης, προσαρμοστικής διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών (predictive BPM), αυτοματοποιημένης προσαρμογής και ευφώνων συστημάτων διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών.

Τα αποτελέσματα της εργασίας αναδεικνύουν ότι, παρά τη σημαντική πρόοδο στον τομέα, εξακολουθούν να υφίστανται περιορισμοί σχετικά με την πλήρως αυτοματοποιημένη και ευφυή διαχείριση αλλαγών, την ερμηνευσιμότητα των αποφάσεων προσαρμογής, τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών BPM πλατφορμών και τη δυναμική διαχείριση κατανεμημένων περιβαλλόντων νέφους.

Λέξεις-Κλειδιά: Διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών, BPM, Προσαρμογή, Εξέλιξη, Ευελιξία, Κλιμακωσιμότητα, BPaaS, Δυναμικά Περιβάλλοντα, Συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση, Κατηγοριοποίηση, Συγκριτική αξιολόγηση.

Abstract

Business Process Management (BPM) constitutes one of the most important pillars of modern organizational operation, enabling the effective modeling, execution, monitoring, and optimization of business activities and processes. However, the continuously changing nature of business environments, the technological advancements, the legal modifications, the ever evolving customer requirements, and the need for rapid organizational adaptation create requirements for increased business process flexibility.

Within this context, business process adaptation and evolution have emerged as critical research and technological areas. Adaptation mainly concerns dynamic changes during process execution, while evolution focuses on the long-term modification and restructuring of process models to satisfy new requirements and operational conditions.

This thesis presents a systematic literature review of the most significant approaches proposed for supporting business process adaptation and evolution. Initially, the theoretical background of business processes and BPM systems is introduced, followed by the analysis of the fundamental concepts of process adaptation and evolution. Subsequently, the systematic bibliographic review methodology followed for article selection, filtering, and evaluation is presented.

The main body of the thesis includes the categorization of existing approaches, the analysis of their core characteristics, and their comparative evaluation based on criteria, such as flexibility, runtime change support, automation degree, consistency preservation, scalability, and support for cloud and BPaaS environments. Furthermore, important research gaps are identified and future research directions to address them are proposed, focusing on exploiting artificial intelligence, predictive BPM, and automated adaptation techniques, as well as realising intelligent BPM systems.

The thesis findings indicate that despite significant advances in the field, limitations still exist regarding fully automated and intelligent change management, explainability of adaptation decisions, interoperability among BPM platforms, and dynamic management of distributed cloud environments.

Keywords: *Business Process Management, BPM, Adaptation, Evolution, Flexibility, Scalability, Business Process as a Service, BPaaS, Dynamic Environments, Systematic review, Categorization, Comparative evaluation.*

1

Εισαγωγή

1.1 Επιχειρησιακές Διαδικασίες και Σύγχρονες Απαιτήσεις

Οι επιχειρησιακές διαδικασίες αποτελούν βασικό στοιχείο της λειτουργίας κάθε σύγχρονου οργανισμού (Hammer & Champy, 1993; Weske, 2012), καθώς περιγράφουν το σύνολο των δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την επίτευξη συγκεκριμένων επιχειρησιακών στόχων. Η αποτελεσματική διαχείριση των διαδικασιών αυτών επιτρέπει στους οργανισμούς να βελτιώνουν την παραγωγικότητα, να μειώνουν το λειτουργικό κόστος, να αυξάνουν την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και να ανταποκρίνονται αποτελεσματικότερα στις απαιτήσεις της αγοράς (Weske, 2012)

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, η ευρεία υιοθέτηση τεχνολογιών Business Process Management (BPM) (Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών) και Process-Aware Information Systems (PAIS) (Πληροφοριακών Συστημάτων με Επίγνωση Διαδικασιών) επέτρεψε την αυτοματοποίηση και τυποποίηση μεγάλου μέρους των επιχειρησιακών διαδικασιών (van der Aalst, 2013; Dumas et al., 2018). Ωστόσο, η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των επιχειρησιακών περιβαλλόντων, οι συνεχείς αλλαγές στις επιχειρησιακές απαιτήσεις, οι τεχνολογικές εξελίξεις, οι μεταβολές στη νομοθεσία, η ανάγκη υποστήριξης υποδομών υπολογιστικού νέφους (cloud) και η απαίτηση για ευέλικτα επιχειρησιακά μοντέλα δημιουργούν νέες προκλήσεις για τα παραδοσιακά BPM συστήματα.

Οι κλασικές προσεγγίσεις BPM βασίζονταν κυρίως σε στατικά μοντέλα διαδικασιών, τα οποία σχεδιάζονταν πριν την εκτέλεσή τους και παρέμεναν σχετικά αμετάβλητα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους (Reichert & Dadam, 1998; Weber et al., 2008). Ωστόσο, στη σύγχρονη επιχειρησιακή πραγματικότητα, οι διαδικασίες πρέπει να μπορούν να προσαρμόζονται δυναμικά και να εξελίσσονται συνεχώς ώστε να ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Συνεπώς, η ανάγκη αυτή οδήγησε στην ανάπτυξη προσεγγίσεων προσαρμογής (adaptation) και εξέλιξης (evolution) επιχειρησιακών διαδικασιών,

οι οποίες επιτρέπουν τη δυναμική τροποποίηση διαδικασιών είτε κατά τον χρόνο εκτέλεσης (προσαρμογή) είτε σε επίπεδο μοντέλου διαδικασίας (εξέλιξη) (Schonenberg et al., 2008; Rinderle-Ma et al., 2013).

1.2 Αντικείμενο Διπλωματικής

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση των κυριότερων προσεγγίσεων που έχουν προταθεί στη διεθνή βιβλιογραφία για την προσαρμογή (Business Process Adaptation) και την εξέλιξη (Business Process Evolution) των επιχειρησιακών διαδικασιών. Η εργασία εστιάζει στη μελέτη των τεχνικών και μεθοδολογιών που επιτρέπουν στις επιχειρησιακές διαδικασίες να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του επιχειρησιακού περιβάλλοντος, τόσο κατά τον χρόνο εκτέλεσης όσο και σε επίπεδο ανασχεδιασμού των μοντέλων διαδικασιών. Η ανάγκη αυτή έχει αναδειχθεί ως μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις των σύγχρονων συστημάτων BPM, καθώς οι παραδοσιακές στατικές προσεγγίσεις δεν επαρκούν πλέον για την υποστήριξη σύνθετων και δυναμικών επιχειρησιακών περιβαλλόντων (Reichert & Dadam, 1998; Rinderle et al., 2004; Weber et al., 2008).

Στο πλαίσιο αυτό εξετάζονται προσεγγίσεις που αφορούν τη δυναμική προσαρμογή επιχειρησιακών διαδικασιών (runtime adaptation), τη διαχείριση εξαιρέσεων (exception handling), την ευελιξία διαδικασιών (process flexibility), την εξέλιξη μοντέλων διαδικασιών (process evolution και process schema evolution), και τα προσαρμοστικά συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών (Adaptive BPMS). Παράλληλα, μελετώνται και σύγχρονες τεχνολογικές κατευθύνσεις, όπως οι υπηρεσίες Business Process as a Service (BPaaS), η προγνωστική διαχείριση διαδικασιών (Predictive BPM) και οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης για την αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων. (Reichert & Dadam, 1998; Dustdar et al., 2015; van der Aalst, 2016; Schonenberg et al., 2008).

Η εργασία επιδιώκει να απαντήσει σε ερευνητικά ερωτήματα που σχετίζονται με την κατηγοριοποίηση των υφιστάμενων προσεγγίσεων, τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητές τους, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς τους, καθώς και τα σημαντικότερα ερευνητικά κενά που εξακολουθούν να υφίστανται. Παράλληλα, πραγματοποιείται συγκριτική αξιολόγηση των προσεγγίσεων βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων, όπως ο βαθμός ευελιξίας, η υποστήριξη αλλαγών κατά τον χρόνο εκτέλεσης, η διατήρηση της συνέπειας, ο βαθμός αυτοματοποίησης, η επεκτασιμότητα, η υποστήριξη καταναμετημένων περιβαλλόντων νέφους και η αξιοποίηση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης. (Rinderle et al., 2004; Reichert & Weber, 2012; Dumas et al., 2018).

1.3 Συνεισφορά της Εργασίας

Η βασική συνεισφορά της παρούσας εργασίας έγκειται στη συγκέντρωση, συστηματική οργάνωση και συγκριτική αξιολόγηση της σύγχρονης επιστημονικής γνώσης σχετικά με την προσαρμογή και την εξέλιξη επιχειρησιακών διαδικασιών. Σε αντίθεση με μελέτες που επικεντρώνονται αποκλειστικά σε μία συγκεκριμένη τεχνολογία ή σε μία από τις δύο δραστηριότητες, η παρούσα εργασία εξετάζει το σύνολο του ερευνητικού πεδίου, αναδεικνύοντας τις σχέσεις μεταξύ αυτών των δύο δραστηριοτήτων και τις βασικές τάσεις που έχουν διαμορφωθεί τις τελευταίες δεκαετίες.

Ειδικότερα, η εργασία:

- παρουσιάζει το θεωρητικό υπόβαθρο της προσαρμογής και της εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών,
- κατηγοριοποιεί εκτενώς τις κυριότερες ερευνητικές προσεγγίσεις,
- συγκρίνει τις κατηγορίες των προσεγγίσεων με βάση κοινά κριτήρια αξιολόγησης,
- αναδεικνύει τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς κάθε κατηγορίας,
- εντοπίζει τα σημαντικότερα ερευνητικά κενά που εξακολουθούν να υπάρχουν,
- προτείνει μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις που σχετίζονται με την τεχνητή νοημοσύνη, τα προσαρμοστικά συστήματα BPM, το υπολογιστικό νέφος και τα ευφυή πληροφοριακά συστήματα.

Η εργασία φιλοδοξεί να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο σημείο αναφοράς για ερευνητές και επαγγελματίες που δραστηριοποιούνται στον χώρο του Business Process Management, παρέχοντας μία συνολική εικόνα της εξέλιξης του πεδίου και των σημαντικότερων τεχνολογικών τάσεων. Η σύνδεση των κλασικών προσεγγίσεων προσαρμογής με σύγχρονες τεχνολογίες, όπως το BPaaS και οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, αποτελεί μία από τις βασικές προστιθέμενες αξίες της εργασίας.

1.4 Δομή της Διπλωματικής

Η τρέχουσα αναφορά της παρούσας διπλωματικής εργασία δομείται ως εξής. Το Κεφάλαιο 2 παρουσιάζει το θεωρητικό υπόβαθρο της εργασίας, περιγράφοντας τις επιχειρησιακές διαδικασίες και τον κύκλο ζωής τους, τα συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Management- BPM) καθώς και τις βασικές έννοιες της προσαρμογής και της εξέλιξης διαδικασιών. Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει τη μεθοδολογία της συστηματικής βιβλιογραφικής επισκόπησης που ακολουθήθηκε, τα ερευνητικά ερωτήματα προς απάντηση, τη διαδικασία αναζήτησης άρθρων και τα κριτήρια φιλτραρίσματος και αξιολόγησης.

Το Κεφάλαιο 4 αναλύει τις προσεγγίσεις προσαρμογής επιχειρησιακών διαδικασιών και παρουσιάζει τις βασικές κατηγορίες προσαρμοστικών (adaptive) BPM τεχνολογιών. Από την άλλη μεριά, το Κεφάλαιο 5 επικεντρώνεται στις προσεγγίσεις εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών, κατηγοριοποιώντας και αναλύοντάς τις.

Το Κεφάλαιο 6 πραγματοποιεί συγκριτική αξιολόγηση των επιλεγμένων προσεγγίσεων με βάση συγκεκριμένα κριτήρια. Ενώ το Κεφάλαιο 7 παρουσιάζει τα σημαντικότερα ερευνητικά κενά καθώς και προτείνει μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις για την κάλυψή τους. Τέλος, το Κεφάλαιο 8 συνοψίζει τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας, παρουσιάζει τη συνολική συνεισφορά της καθώς και προσδιορίζει την εμπειρία που αποκομίστηκε από την εκπόνησή της.

2

Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Επιχειρησιακές Διαδικασίες

Οι επιχειρησιακές διαδικασίες (business processes) αποτελούν τον βασικό μηχανισμό μέσω του οποίου οι οργανισμοί οργανώνουν τις δραστηριότητές τους, συντονίζουν ανθρώπινους και τεχνολογικούς πόρους και επιτυγχάνουν τους στρατηγικούς και λειτουργικούς τους στόχους. Στη βιβλιογραφία, οι επιχειρησιακές διαδικασίες αντιμετωπίζονται ως αλληλουχίες αλληλένδετων δραστηριοτήτων, οι οποίες εκτελούνται με συγκεκριμένη λογική σειρά και οδηγούν στην παραγωγή ενός επιχειρησιακού αποτελέσματος με αξία για τον οργανισμό ή τον πελάτη (Hammer and Champy, 1993; Davenport, 1993; Dumas et al., 2018).

Η έννοια της επιχειρησιακής διαδικασίας συνδέεται άμεσα με τη μετάβαση από τη λειτουργική οργάνωση των επιχειρήσεων σε μια περισσότερο διαδικασιοκεντρική θεώρηση της οργανωσιακής λειτουργίας. Στο πλαίσιο αυτό, η έμφαση δεν δίνεται μόνο σε μεμονωμένα τμήματα ή λειτουργίες, αλλά κυρίως στον τρόπο με τον οποίο οι δραστηριότητες συνδέονται μεταξύ τους για την παραγωγή αξίας. Οι Hammer and Champy (1993) ανέδειξαν τη σημασία του ριζικού ανασχεδιασμού των διαδικασιών μέσω του Business Process Reengineering, ενώ ο Davenport (1993) τόνισε ότι οι διαδικασίες αποτελούν βασικό μέσο συνδυασμού τεχνολογίας, οργανωσιακής δομής και επιχειρησιακής στρατηγικής.

Οι επιχειρησιακές διαδικασίες διακρίνονται σε διαφορετικές κατηγορίες, ανάλογα με τον ρόλο τους στον οργανισμό. Οι βασικές διαδικασίες (core processes) συνδέονται άμεσα με την παραγωγή προϊόντων ή την παροχή υπηρεσιών και αποτελούν τον κύριο μηχανισμό δημιουργίας αξίας. Οι υποστηρικτικές διαδικασίες (support processes) εξασφαλίζουν τους απαραίτητους πόρους και τις υποδομές για την ομαλή λειτουργία των βασικών διαδικασιών, ενώ οι διοικητικές διαδικασίες (management processes) σχετίζονται με τον

στρατηγικό σχεδιασμό, τον έλεγχο και τη λήψη αποφάσεων. Επίσης, σημειώνεται ότι εκτός από τις οργανωσιακές διαδικασίες υπάρχουν και διοργανωσιακές (van der Aalst et al., 2005; Dumas et al., 2018).

Η Διαχείριση Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management – BPM) αναπτύχθηκε ως συστηματική προσέγγιση για τη μοντελοποίηση, εκτέλεση, παρακολούθηση και συνεχή βελτίωση των επιχειρησιακών διαδικασιών. Σκοπός της είναι η αύξηση της αποδοτικότητας, η βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών, η μείωση του λειτουργικού κόστους και η ενίσχυση της οργανωσιακής ευελιξίας (Weske, 2012; van der Aalst, 2013; Dumas et al., 2018). Με αυτή την έννοια, οι επιχειρησιακές διαδικασίες δεν αποτελούν απλώς τεχνικά μοντέλα ροής εργασίας, αλλά στρατηγικά περιουσιακά στοιχεία που επηρεάζουν άμεσα την ανταγωνιστικότητα και την προσαρμοστικότητα ενός οργανισμού.

Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα των σύγχρονων οργανισμών έχει ενισχύσει τη σημασία των πληροφοριακών συστημάτων που υποστηρίζουν τις επιχειρησιακές διαδικασίες. Τα συστήματα BPM, τα συστήματα ροών εργασίας (workflow systems) και τα Process-Aware Information Systems (PAIS) επιτρέπουν τη μοντελοποίηση, αυτοματοποίηση, εκτέλεση, παρακολούθηση και ανάλυση της απόδοσης των διαδικασιών (van der Aalst et al., 2003; Weske, 2012). Με τον τρόπο αυτό, οι οργανισμοί αποκτούν μεγαλύτερη ορατότητα στις λειτουργίες τους και μπορούν να εντοπίζουν σημεία συμφόρησης, αποκλίσεις από το επιθυμητό μοντέλο και ευκαιρίες βελτίωσης.

Ωστόσο, οι παραδοσιακές προσεγγίσεις BPM βασίστηκαν σε μεγάλο βαθμό σε σχετικά στατικά μοντέλα διαδικασιών, τα οποία σχεδιάζονταν πριν από την εκτέλεση και τροποποιούνταν κυρίως μέσω περιοδικού ανασχεδιασμού. Η προσέγγιση αυτή αποδεικνύεται περιοριστική σε σύγχρονα επιχειρησιακά περιβάλλοντα, όπου οι οργανισμοί καλούνται να ανταποκριθούν σε συνεχείς αλλαγές, όπως η ψηφιοποίηση των λειτουργιών, οι μεταβολές στο ρυθμιστικό πλαίσιο, η ανάγκη πελατοκεντρικών υπηρεσιών, η υιοθέτηση υποδομών υπολογιστικού νέφους και η διασύνδεση πολλαπλών οργανισμών και συστημάτων (Reichert and Dadam, 1998; Rinderle-Ma et al., 2013; Dumas et al., 2018).

Στο πλαίσιο του ψηφιακού μετασχηματισμού, έχουν αναπτυχθεί νέα τεχνολογικά παραδείγματα, όπως το cloud BPM, οι έξυπνες σουίτες BPM (intelligent BPM suites), τα συστήματα AI-driven BPM, οι πλατφόρμες Business Process as a Service (BPaaS) και τα autonomic BPM systems. Οι τεχνολογίες αυτές ενισχύουν τη δυνατότητα αυτοματοποίησης, ανάλυσης και δυναμικής προσαρμογής των διαδικασιών, αλλά παράλληλα αυξάνουν την πολυπλοκότητα της διαχείρισης αλλαγών και του συντονισμού κατά τον χρόνο εκτέλεσης (Dustdar et al., 2015; van der Aalst, 2016; Hedhli et al., 2022).

Συνεπώς, οι επιχειρησιακές διαδικασίες αποτελούν το αναγκαίο θεωρητικό και πρακτικό υπόβαθρο για τη μελέτη της προσαρμογής και της εξέλιξης που εξετάζονται στην παρούσα εργασία. Η κατανόηση της φύσης, των κατηγοριών και των τεχνολογικών μηχανισμών υποστήριξής τους είναι απαραίτητη, καθώς οι σύγχρονες απαιτήσεις δεν αφορούν μόνο την αποδοτική εκτέλεση μιας διαδικασίας, αλλά και την ικανότητά της να μεταβάλλεται, να εξελίσσεται και να παραμένει συνεπής σε δυναμικά επιχειρησιακά περιβάλλοντα.

2.2 Κύκλος Ζωής Επιχειρησιακών Διαδικασιών

Ο κύκλος ζωής των επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Lifecycle) αποτελεί μία από τις θεμελιώδεις έννοιες της Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management – BPM), καθώς περιγράφει το σύνολο των φάσεων που ακολουθούνται για τον σχεδιασμό, την υλοποίηση, την εκτέλεση, την παρακολούθηση και τη συνεχή βελτίωση μιας επιχειρησιακής διαδικασίας. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στους οργανισμούς να αντιμετωπίζουν τις διαδικασίες ως δυναμικά συστήματα που εξελίσσονται διαρκώς και όχι ως στατικά μοντέλα εργασίας (Weske, 2019; Dumas et al., 2018).

Η έννοια του κύκλου ζωής αναπτύχθηκε παράλληλα με την εξέλιξη του BPM, αντανακλώντας τη μετάβαση από παραδοσιακές προσεγγίσεις διαχείρισης ροών εργασίας σε ολοκληρωμένα συστήματα συνεχούς διαχείρισης και βελτίωσης επιχειρησιακών διαδικασιών. Σύμφωνα με τους Weske (2019) και van der Aalst (2016), κάθε επιχειρησιακή διαδικασία διέρχεται από διαδοχικά στάδια, τα οποία αλληλοσυμπληρώνονται και επαναλαμβάνονται κυκλικά, επιτρέποντας τη συνεχή προσαρμογή της στις μεταβαλλόμενες επιχειρησιακές απαιτήσεις.

Παρότι στη διεθνή βιβλιογραφία προτείνονται διαφορετικές παραλλαγές του κύκλου ζωής, οι περισσότερες προσεγγίσεις συγκλίνουν στην ύπαρξη οκτώ βασικών φάσεων, οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Βασικές φάσεις του κύκλου ζωής επιχειρησιακών διαδικασιών

Φάση	Περιγραφή
Process Identification	Αναγνώριση και επιλογή κρίσιμων επιχειρησιακών διαδικασιών
Process Discovery	Καταγραφή και κατανόηση της υφιστάμενης λειτουργίας
Process Modeling	Δημιουργία τυπικών μοντέλων διαδικασιών
Process Implementation	Υλοποίηση της διαδικασίας σε πληροφοριακό σύστημα
Process Execution	Εκτέλεση μέσω BPMS ή Workflow Engine
Process Monitoring	Παρακολούθηση της εκτέλεσης και συλλογή δεδομένων
Process Optimization	Βελτιστοποίηση της απόδοσης της διαδικασίας
Process Adaptation & Evolution	Δυναμική προσαρμογή και μακροχρόνια εξέλιξη της διαδικασίας

Η πρώτη φάση, Process Identification (Αναγνώριση Διαδικασιών), αφορά τον εντοπισμό των διαδικασιών που έχουν τη μεγαλύτερη στρατηγική σημασία για τον οργανισμό. Κατά τη φάση αυτή καθορίζονται οι επιχειρησιακοί στόχοι, οι βασικοί δείκτες απόδοσης (Key Performance Indicators – KPIs) και τα αναμενόμενα αποτελέσματα κάθε διαδικασίας. Η ορθή αναγνώριση των κρίσιμων διαδικασιών αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική εφαρμογή πρακτικών BPM (Dumas et al., 2018).

Στη συνέχεια ακολουθεί η φάση Process Discovery (Ανακάλυψη Διαδικασιών), κατά την οποία αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο οι διαδικασίες εκτελούνται στην πράξη. Η ανάλυση μπορεί να βασιστεί σε συνεντεύξεις, παρατήρηση, οργανωσιακά έγγραφα ή δεδομένα που συλλέγονται από πληροφοριακά συστήματα. Τα τελευταία χρόνια, η αξιοποίηση τεχνικών Process Mining έχει καταστήσει τη διαδικασία

αυτή περισσότερο αντικειμενική, επιτρέποντας την αυτόματη εξαγωγή πραγματικών μοντέλων διαδικασιών από αρχεία καταγραφής γεγονότων (event logs) (van der Aalst, 2016).

Η φάση Process Modeling (Μοντελοποίηση Διαδικασιών) περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός τυπικού μοντέλου της διαδικασίας, χρησιμοποιώντας γλώσσες μοντελοποίησης. Η επιλογή της κατάλληλης γλώσσας εξαρτάται από το επίπεδο λεπτομέρειας, τον σκοπό της μοντελοποίησης και τις απαιτήσεις του πληροφοριακού συστήματος που θα υποστηρίξει τη διαδικασία (Weske, 2019).

Μετά τη μοντελοποίηση ακολουθεί η Process Implementation (Υλοποίηση Διαδικασιών), κατά την οποία το θεωρητικό μοντέλο μετατρέπεται σε εκτελέσιμη μορφή μέσα σε ένα Business Process Management System (BPMS). Η φάση αυτή περιλαμβάνει τον ορισμό επιχειρησιακών κανόνων, τη διασύνδεση με εξωτερικά πληροφοριακά συστήματα και τη ρύθμιση των μηχανισμών αυτοματοποίησης της διαδικασίας.

Η επόμενη φάση, Process Execution (Εκτέλεση Διαδικασιών), αφορά την πραγματική εκτέλεση της διαδικασίας μέσω του μηχανισμού εκτέλεσης (Workflow Engine – Μηχανή (Εκτέλεσης) Ροών Εργασίας) του BPMS. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης πραγματοποιείται συντονισμός δραστηριοτήτων, διαχείριση επιχειρησιακών κανόνων, ανάθεση εργασιών και αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπινων χρηστών και πληροφοριακών συστημάτων (van der Aalst et al., 2003).

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά στη συνέχεια η φάση Process Monitoring (Παρακολούθηση Διαδικασιών), κατά την οποία συλλέγονται δεδομένα σχετικά με την απόδοση της διαδικασίας, όπως ο χρόνος εκτέλεσης, η αξιοποίηση πόρων, η κατανάλωση κόστους και η επίτευξη των επιχειρησιακών στόχων. Η συνεχής παρακολούθηση επιτρέπει τον έγκαιρο εντοπισμό αποκλίσεων και προβλημάτων, δημιουργώντας τη βάση για τεκμηριωμένες αποφάσεις βελτίωσης (Dumas et al., 2018).

Η Process Optimization (Βελτιστοποίηση Διαδικασιών) αξιοποιεί τα δεδομένα της παρακολούθησης για την αναδιοργάνωση της διαδικασίας με στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας, τη μείωση του χρόνου εκτέλεσης, τη βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων και την αύξηση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Η διαδικασία αυτή δεν αποτελεί μία εφάπαξ ενέργεια αλλά επαναλαμβάνεται συνεχώς, σύμφωνα με τη φιλοσοφία της διαρκούς βελτίωσης (continuous improvement).

Η τελευταία και πλέον κρίσιμη φάση του σύγχρονου κύκλου ζωής είναι η Process Adaptation and Evolution (Προσαρμογή & Εξέλιξη Διαδικασιών), η οποία διαφοροποιεί τα σύγχρονα συστήματα BPMS από τα παραδοσιακά Workflow Management Systems (WFMS). Στο στάδιο αυτό οι διαδικασίες μπορούν να τροποποιούνται δυναμικά κατά τον χρόνο εκτέλεσης (runtime adaptation), να διαχειρίζονται εξαιρέσεις, να προσαρμόζονται σε νέες επιχειρησιακές απαιτήσεις και να εξελίσσονται χωρίς να απαιτείται η πλήρης επανασχεδιάσή τους (Reichert and Dadam, 1998; Weber et al., 2008; Reichert and Weber, 2012).

Η διεθνής βιβλιογραφία συγκλίνει στο ότι οι δύο τελευταίες φάσεις —η βελτιστοποίηση και η προσαρμογή/εξέλιξη— αποτελούν πλέον τον πυρήνα των σύγχρονων συστημάτων BPMS. Οι Dumas et al. (2018) δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στη συνεχή αξιολόγηση της απόδοσης των διαδικασιών, ενώ οι Reichert and Weber (2012) θεωρούν ότι η πραγματική αξία των σύγχρονων BPMS έγκειται στην ικανότητά τους να υποστηρίζουν δυναμικές αλλαγές χωρίς να διαταράσσεται η ομαλή λειτουργία του οργανισμού. Αντίστοιχα, ο van der Aalst (2016) αναδεικνύει τον ρόλο του Process Mining ως τεχνολογίας που συνδέει

την παρακολούθηση, τη βελτιστοποίηση και την προσαρμογή των διαδικασιών μέσα σε έναν ενιαίο κύκλο συνεχούς μάθησης.

Συνολικά, ο κύκλος ζωής των επιχειρησιακών διαδικασιών δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως μια γραμμική ακολουθία ενεργειών αλλά ως μια επαναληπτική διαδικασία συνεχούς ανατροφοδότησης, στην οποία κάθε φάση παρέχει πληροφορίες που τροφοδοτούν την επόμενη. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει στους οργανισμούς να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά στις τεχνολογικές και επιχειρησιακές εξελίξεις, ενισχύοντας τη λειτουργική τους ευελιξία και δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη προσαρμοστικών επιχειρησιακών διαδικασιών. Η μετάβαση αυτή αποτελεί τη φυσική συνέχεια της ανάλυσης και οδηγεί στην παρουσίαση των Business Process Management Systems, τα οποία αποτελούν την τεχνολογική υποδομή υλοποίησης του κύκλου ζωής των επιχειρησιακών διαδικασιών.

2.3 Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών

Τα Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management Systems – BPMS) αποτελούν ολοκληρωμένες πλατφόρμες λογισμικού που υποστηρίζουν τη μοντελοποίηση, την υλοποίηση, την εκτέλεση, την παρακολούθηση και τη συνεχή βελτίωση των επιχειρησιακών διαδικασιών καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους (Weske, 2019). Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά πληροφοριακά συστήματα, τα οποία εστιάζουν κυρίως στην αυτοματοποίηση μεμονωμένων λειτουργιών, τα BPMS υιοθετούν μια διαδικασιοκεντρική (process-centric) προσέγγιση, επιτρέποντας τον ολοκληρωμένο συντονισμό ανθρώπινων πόρων, πληροφοριακών συστημάτων και επιχειρησιακών κανόνων (van der Aalst, 2016; Dumas et al., 2018).

Η ανάπτυξη των BPMS συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη της Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management – BPM) και την ανάγκη των οργανισμών να αυτοματοποιήσουν πολύπλοκες ροές εργασίας, να μειώσουν τον χρόνο εκτέλεσης των διαδικασιών και να βελτιώσουν τη διαφάνεια και την αποδοτικότητα των επιχειρησιακών λειτουργιών. Σύμφωνα με τον Weske (2019), τα BPMS αποτελούν την τεχνολογική υποδομή πάνω στην οποία υλοποιούνται οι αρχές του BPM, υποστηρίζοντας όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής μιας διαδικασίας, από τη μοντελοποίηση μέχρι την αξιολόγηση και τη συνεχή βελτίωσή της.

Βασικό χαρακτηριστικό των BPMS είναι η δυνατότητα εκτέλεσης επιχειρησιακών διαδικασιών μέσω εξειδικευμένων μηχανισμών εκτέλεσης (workflow engines), οι οποίοι διαχειρίζονται τη ροή των δραστηριοτήτων, την εφαρμογή επιχειρησιακών κανόνων, την ανάθεση εργασιών και την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται η συνεπής εφαρμογή των επιχειρησιακών διαδικασιών, η μείωση των χειροκίνητων ενεργειών και η δυνατότητα παρακολούθησης της απόδοσής τους σε πραγματικό χρόνο (van der Aalst et al., 2003).

Η αρχιτεκτονική ενός σύγχρονου BPMS αποτελείται συνήθως από διακριτά αλλά αλληλοσυμπληρούμενα υποσυστήματα, τα οποία συνεργάζονται για την ολοκληρωμένη διαχείριση των επιχειρησιακών διαδικασιών.

Πίνακας 2. Βασικά υποσυστήματα ενός Business Process Management System

Υποσύστημα	Λειτουργία
Process Modeling Environment	Μοντελοποίηση επιχειρησιακών διαδικασιών με BPMN ή άλλες γλώσσες
Process Repository	Αποθήκευση και διαχείριση μοντέλων διαδικασιών
Workflow Engine	Εκτέλεση και έλεγχος της ροής εργασιών (μιας διαδικασίας)
Business Rules Engine	Διαχείριση & εφαρμογή επιχειρησιακών κανόνων και λογικής αποφάσεων
Monitoring & Analytics	Παρακολούθηση της απόδοσης και ανάλυση σχετικών δεικτών (KPIs)
Integration Layer	Διασύνδεση με ERP, CRM, βάσεις δεδομένων και εξωτερικά πληροφοριακά συστήματα

Η συνεργασία των παραπάνω υποσυστημάτων επιτρέπει στα BPMS να λειτουργούν ως κεντρικός μηχανισμός συντονισμού των επιχειρησιακών διαδικασιών, προσφέροντας υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης, δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης διαδικασιών και ευκολότερη ενσωμάτωση με ετερογενή πληροφοριακά περιβάλλοντα.

Παρά τα σημαντικά πλεονεκτήματά τους, τα πρώτης γενιάς BPMS σχεδιάστηκαν κυρίως για σχετικά σταθερά επιχειρησιακά περιβάλλοντα, στα οποία οι αλλαγές στις διαδικασίες ήταν περιορισμένες και πραγματοποιούνταν μέσω επανασχεδιασμού των μοντέλων. Η προσέγγιση αυτή αποδείχθηκε ανεπαρκής για οργανισμούς που λειτουργούν σε δυναμικά περιβάλλοντα, όπου οι επιχειρησιακές απαιτήσεις μεταβάλλονται συνεχώς και απαιτούν προσαρμογές κατά τον χρόνο εκτέλεσης (Reichert and Dadam, 1998; Rinderle-Ma et al., 2013).

Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην ανάπτυξη των Adaptive Business Process Management Systems (Adaptive BPMS) (Προσαρμοστικά BPMS), τα οποία επεκτείνουν τις δυνατότητες των παραδοσιακών BPMS υποστηρίζοντας δυναμικές αλλαγές κατά την εκτέλεση των διαδικασιών, διαχείριση εξαιρέσεων, έλεγχο συνέπειας και διατήρηση της ορθότητας των μοντέλων μετά από κάθε τροποποίηση (Reichert and Weber, 2012). Τα συστήματα αυτά αποτελούν σήμερα τον βασικό άξονα της διεθνούς έρευνας στον χώρο του BPM, καθώς επιτρέπουν την ευέλικτη προσαρμογή των επιχειρησιακών διαδικασιών χωρίς να απαιτείται η διακοπή της λειτουργίας τους.

Παράλληλα, οι τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων ετών έχουν οδηγήσει στην εμφάνιση νέων μορφών BPMS, όπως τα Cloud BPMS, τα Business Process as a Service (BPaaS) και τα ευφυή συστήματα BPM που αξιοποιούν τεχνικές Process Mining, Machine Learning (ML) και Artificial Intelligence (AI). Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν την αυτόματη ανίχνευση αποκλίσεων, την πρόβλεψη πιθανών προβλημάτων κατά την εκτέλεση των διαδικασιών και τη λήψη αποφάσεων προσαρμογής με βάση δεδομένα πραγματικού χρόνου (van der Aalst, 2016; Marrella, 2019). Η ενσωμάτωση τεχνικών εξόρυξης διαδικασιών συμβάλλει επιπλέον στην ανακάλυψη πραγματικών μοντέλων εκτέλεσης, στον έλεγχο συμμόρφωσης και στη διατύπωση προτάσεων βελτιστοποίησης, ενισχύοντας σημαντικά τις δυνατότητες των σύγχρονων BPMS (Günther et al., 2008).

Η διεθνής βιβλιογραφία συγκλίνει στο ότι η εξέλιξη των BPMS αντανακλά τη μετάβαση από συστήματα που εκτελούν προκαθορισμένες διαδικασίες σε ευφυείς πλατφόρμες που υποστηρίζουν τη συνεχή

προσαρμογή και μάθηση. Οι Weske (2019) και Dumas et al. (2018) δίνουν έμφαση στην ολοκληρωμένη διαχείριση του κύκλου ζωής των διαδικασιών, ενώ οι Reichert and Weber (2012) υποστηρίζουν ότι η πραγματική αξία των σύγχρονων BPMS έγκειται στην ικανότητά τους να ανταποκρίνονται δυναμικά στις μεταβαλλόμενες επιχειρησιακές απαιτήσεις χωρίς να διακυβεύεται η συνέπεια και η αξιοπιστία των διαδικασιών.

Συνολικά, τα BPMS αποτελούν τον βασικό τεχνολογικό πυλώνα του σύγχρονου BPM. Η εξέλιξή τους από απλά συστήματα αυτοματοποίησης ροών εργασίας σε ευφυείς και προσαρμοστικές πλατφόρμες δημιουργεί το απαραίτητο υπόβαθρο για τη μελέτη των μηχανισμών Business Process Adaptation, οι οποίοι παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα και αποτελούν τον κεντρικό άξονα της παρούσας διπλωματικής εργασίας (μαζί με τους μηχανισμούς Business Process Evolution που παρουσιάζονται στην μεθεπόμενη ενότητα).

2.4 Προσαρμογή Επιχειρησιακών Διαδικασιών

Η προσαρμογή επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Adaptation) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες λειτουργίες των σύγχρονων συστημάτων Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management Systems – BPMS), καθώς επιτρέπει τη δυναμική τροποποίηση των διαδικασιών ώστε να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά στις μεταβαλλόμενες επιχειρησιακές απαιτήσεις και στις συνθήκες του περιβάλλοντος εκτέλεσής τους. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις, όπου οι αλλαγές πραγματοποιούνταν μέσω επανασχεδιασμού του μοντέλου πριν από την εκτέλεση της διαδικασίας, η σύγχρονη προσέγγιση επιδιώκει την προσαρμογή ακόμη και κατά τον χρόνο εκτέλεσης (runtime), χωρίς να διακόπτεται η λειτουργία των ενεργών περιπτώσεων της διαδικασίας (Reichert & Dadam, 1998; Weber et al., 2008).

Σύμφωνα με τους Reichert και Dadam (1998), η προσαρμογή αναφέρεται στη δυνατότητα δυναμικής μεταβολής της δομής μιας επιχειρησιακής διαδικασίας (process structure), προκειμένου αυτή να ανταποκρίνεται σε νέες επιχειρησιακές απαιτήσεις, απρόβλεπτα γεγονότα ή αλλαγές στο περιβάλλον λειτουργίας. Αντίστοιχα, οι Weber et al. (2008) υποστηρίζουν ότι η δυνατότητα προσαρμογής αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό των σύγχρονων Process-Aware Information Systems (PAIS), καθώς οι στατικές δομές ροών εργασίας (workflow structures) δεν επαρκούν για την υποστήριξη οργανισμών που λειτουργούν σε ιδιαίτερα δυναμικά επιχειρησιακά περιβάλλοντα.

Η προσαρμογή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε διαφορετικά επίπεδα του πληροφοριακού συστήματος και της επιχειρησιακής διαδικασίας. Στη βιβλιογραφία διακρίνονται τέσσερα βασικά επίπεδα προσαρμογής: (α) το επίπεδο του μοντέλου διαδικασίας (process schema), όπου τροποποιείται η συνολική δομή της διαδικασίας (και άρα επηρεάζονται όλα τα ενεργά στιγμιότυπά της), (β) το επίπεδο των στιγμιοτύπων εκτέλεσης (workflow instances), όπου οι αλλαγές εφαρμόζονται σε συγκεκριμένες ενεργές περιπτώσεις, (γ) το επίπεδο των επιχειρησιακών κανόνων (business rules), μέσω της τροποποίησης των κανόνων που διέπουν τη λειτουργία της διαδικασίας, και (δ) το επίπεδο της ενορχήστρωσης υπηρεσιών (service orchestration), όπου προσαρμόζεται ο τρόπος με τον οποίο συντονίζονται και αλληλεπιδρούν οι επιμέρους υπηρεσίες που υποστηρίζουν την εκτέλεση της διαδικασίας (Reichert & Dadam, 1998; Weber et al., 2008).

Πέρα από τα επίπεδα εφαρμογής, η βιβλιογραφία διακρίνει και διαφορετικές κατηγορίες προσαρμογής, ανάλογα με τον τρόπο ενεργοποίησης και υλοποίησής της. Οι κυριότερες κατηγορίες περιλαμβάνουν την προσαρμογή κατά τον χρόνο εκτέλεσης (runtime adaptation), η οποία επιτρέπει την άμεση τροποποίηση ενεργών διαδικασιών, τη δυναμική επανακατανομή εργασιών (dynamic task reassignment), όταν απαιτείται αλλαγή των υπευθύνων εκτέλεσης, την προσαρμογή που βασίζεται στη διαχείριση εξαιρέσεων (exception-driven adaptation), η οποία ενεργοποιείται μετά την εμφάνιση μη αναμενόμενων συμβάντων, την προσαρμογή με επίγνωση του πλαισίου λειτουργίας (context-aware adaptation), όπου λαμβάνονται υπόψη πληροφορίες από το επιχειρησιακό περιβάλλον, καθώς και την προγνωστική (predictive adaptation) και την υποστηριζόμενη από τεχνητή νοημοσύνη προσαρμογή (AI-driven adaptation), οι οποίες αξιοποιούν ιστορικά δεδομένα και τεχνικές ανάλυσης για την πρόβλεψη και την αντιμετώπιση πιθανών αποκλίσεων πριν αυτές επηρεάσουν την εκτέλεση της διαδικασίας.

Η δυνατότητα προσαρμογής αποτελεί πλέον βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική λειτουργία των σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων BPM. Μέσω της δυναμικής διαχείρισης αλλαγών, οι οργανισμοί μπορούν να διατηρούν τη συνέχεια των επιχειρησιακών τους διαδικασιών, να ανταποκρίνονται ταχύτερα στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του περιβάλλοντος και να περιορίζουν τις επιπτώσεις που προκαλούνται από απρόβλεπτα γεγονότα ή μεταβολές στις επιχειρησιακές πολιτικές. Η εξέλιξη αυτή έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη προσαρμοστικών συστημάτων BPM, τα οποία αποτελούν το τεχνολογικό υπόβαθρο των σύγχρονων προσεγγίσεων προσαρμογής και θα αναλυθούν στις επόμενες ενότητες της εργασίας.

2.5 Εξέλιξη Επιχειρησιακών Διαδικασιών

Η εξέλιξη επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Evolution) αναφέρεται στη συστηματική και μακροχρόνια τροποποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών, με στόχο την προσαρμογή τους στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του οργανισμού και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Σε αντίθεση με την προσαρμογή επιχειρησιακών διαδικασιών, η οποία επικεντρώνεται κυρίως στη διαχείριση αλλαγών κατά την εκτέλεση μιας διαδικασίας, η εξέλιξη αφορά τον ανασχεδιασμό και τη διαρκή βελτίωση των ίδιων των μοντέλων διαδικασιών, ώστε να παραμένουν αποτελεσματικά και συμβατά με τις νέες επιχειρησιακές συνθήκες (Desai et al., 2009; Rinderle-Ma et al., 2013).

Η ανάγκη για εξέλιξη των επιχειρησιακών διαδικασιών προκύπτει από τη συνεχή μεταβολή του επιχειρησιακού περιβάλλοντος. Παράγοντες όπως οι αλλαγές στο νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο, οι οργανωσιακές αναδιαρθρώσεις, η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών (πχ. υπολογιστικό νέφος, blockchain), η αναθεώρηση των επιχειρησιακών στόχων και η ανάγκη συνεχούς βελτιστοποίησης της απόδοσης καθιστούν απαραίτητη την αναθεώρηση των υφιστάμενων διαδικασιών. Υπό αυτές τις συνθήκες, οι οργανισμοί καλούνται να διασφαλίσουν ότι οι διαδικασίες τους μπορούν να εξελίσσονται χωρίς να διακυβεύεται η λειτουργική τους συνέχεια και η συνέπεια των ενεργών περιπτώσεων εκτέλεσης (Rinderle-Ma et al., 2013).

Η διεθνής βιβλιογραφία αντιμετωπίζει την εξέλιξη των επιχειρησιακών διαδικασιών ως μια διαδικασία συνεχούς βελτίωσης και διαχείρισης αλλαγών, η οποία περιλαμβάνει τόσο τη διατήρηση της ιστορικότητας των διαφορετικών εκδόσεων μιας διαδικασίας όσο και την ομαλή μετάβαση από ένα μοντέλο σε ένα νεότερο. Στο πλαίσιο αυτό, ιδιαίτερη σημασία αποκτούν τεχνικές, όπως η διαχείριση εκδόσεων διαδικασιών (process versioning), η εξέλιξη των σχημάτων διαδικασιών (schema evolution), η εξόρυξη διαδικασιών (process mining), οι προσεγγίσεις BPM που βασίζονται στη γνώση (knowledge-driven BPM) και η ανάλυση επιχειρησιακών διαδικασιών (process analytics). Οι τεχνικές αυτές παρέχουν στους οργανισμούς τη δυνατότητα να αναλύουν την πραγματική εκτέλεση των διαδικασιών, να εντοπίζουν σημεία βελτίωσης, να υποστηρίζουν τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την εξέλιξη των επιχειρησιακών μοντέλων καθώς και να εφαρμόζουν αυτές τις αποφάσεις (Desai et al., 2009; Rinderle-Ma et al., 2013).

Η αποτελεσματική διαχείριση της εξέλιξης των επιχειρησιακών διαδικασιών προϋποθέτει τη διατήρηση της συνέπειας μεταξύ των διαφορετικών εκδόσεων μιας διαδικασίας, καθώς και την ασφαλή μετάβαση των ενεργών περιπτώσεων από ένα μοντέλο σε ένα άλλο. Η πρόκληση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε σύνθετα πληροφοριακά περιβάλλοντα, όπου οι αλλαγές δεν επηρεάζουν μόνο τη δομή της διαδικασίας αλλά και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων, επιχειρησιακών κανόνων και οργανωσιακών μονάδων. Για τον λόγο αυτό, η εξέλιξη των επιχειρησιακών διαδικασιών θεωρείται σήμερα αναπόσπαστο στοιχείο των σύγχρονων συστημάτων BPM, τα οποία οφείλουν να υποστηρίζουν όχι μόνο την εκτέλεση και την προσαρμογή των διαδικασιών αλλά και τη μακροχρόνια διαχείριση της εξέλιξής τους (Rinderle-Ma et al., 2013).

Συνολικά, η εξέλιξη επιχειρησιακών διαδικασιών αποτελεί στρατηγική λειτουργία της Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών, καθώς επιτρέπει στους οργανισμούς να διατηρούν τις διαδικασίες τους ευθυγραμμισμένες με τις μεταβαλλόμενες επιχειρησιακές απαιτήσεις, αξιοποιώντας ταυτόχρονα τα δεδομένα που προκύπτουν από την πραγματική εκτέλεσή τους. Η στενή σχέση μεταξύ προσαρμογής και εξέλιξης αναδεικνύει ότι οι δύο έννοιες λειτουργούν συμπληρωματικά: η προσαρμογή εξασφαλίζει την άμεση ανταπόκριση σε βραχυπρόθεσμες αλλαγές, ενώ η εξέλιξη διαμορφώνει τη μακροπρόθεσμη βελτίωση και τον ανασχεδιασμό των επιχειρησιακών διαδικασιών, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για τη συνεχή οργανωσιακή ανάπτυξη.

3

Μεθοδολογία Βιβλιογραφικής Επισκόπησης

3.1 Στόχος της Επισκόπησης & Ερευνητικά Ερωτήματα

Η παρούσα εργασία υιοθετεί τη μεθοδολογία της Συστηματικής Βιβλιογραφικής Επισκόπησης (Systematic Literature Review – SLR), με στόχο τη συστηματική καταγραφή, αξιολόγηση και σύνθεση της διαθέσιμης επιστημονικής γνώσης σχετικά με την προσαρμογή (Business Process Adaptation) και την εξέλιξη (Business Process Evolution) των επιχειρησιακών διαδικασιών. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας βασίζεται στη δυνατότητά της να παρέχει μία δομημένη, διαφανή και επαναλήψιμη διαδικασία αναζήτησης, επιλογής και αξιολόγησης της βιβλιογραφίας, περιορίζοντας τη μεροληψία κατά την επιλογή των μελετών και ενισχύοντας την αξιοπιστία και την αναπαραγωγικότητα των αποτελεσμάτων (Kitchenham, 2004; Webster & Watson, 2002). Παράλληλα, η εφαρμογή της κρίνεται ιδιαίτερα κατάλληλη για ερευνητικά πεδία, όπως η Διαχείριση Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management – BPM), στα οποία η ερευνητική δραστηριότητα χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία τεχνολογικών προσεγγίσεων και συνεχείς εξελίξεις (Dumas et al., 2018; Rinderle-Ma et al., 2013)

Σκοπός της επισκόπησης είναι η συστηματική ανάλυση και κριτική αξιολόγηση των πιο αντιπροσωπευτικών επιστημονικών προσεγγίσεων που έχουν προταθεί για την υποστήριξη της προσαρμογής και της εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών. Παράλληλα, επιδιώκεται η ταξινόμηση των υφιστάμενων προσεγγίσεων, η ανάδειξη των βασικών χαρακτηριστικών, πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των κατηγοριών τους, η συγκριτική αξιολόγηση των κατηγοριών αυτών βάσει αντικειμενικού συνόλου κριτηρίων, καθώς και ο εντοπισμός των σημαντικότερων ερευνητικών κενών και των μελλοντικών κατευθύνσεων που διαμορφώνονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την ολοκληρωμένη αποτύπωση της εξέλιξης του ερευνητικού πεδίου και δημιουργεί ένα

αξιόπιστο θεωρητικό υπόβαθρο για την ανάλυση που ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας (Kitchenham, 2004; Webster & Watson, 2002).

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού, η επισκόπηση οργανώθηκε γύρω από τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

RQ1: Ποιες είναι οι πιο αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις προσαρμογής επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Adaptation);

RQ2: Ποιες είναι οι πιο αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Evolution);

RQ3: Πώς μπορούν να κατηγοριοποιηθούν οι προσεγγίσεις αυτές με βάση τα χαρακτηριστικά και τους μηχανισμούς λειτουργίας τους;

RQ4: Ποια είναι τα βασικά πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί κάθε κατηγορίας προσεγγίσεων;

RQ5: Πως συγκρίνονται οι κατηγορίες προσεγγίσεων και με βάση ποια κριτήρια;

RQ6: Ποια είναι τα σημαντικότερα ερευνητικά κενά στον τομέα της προσαρμογής και εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών;

RQ7: Ποιες είναι οι κυριότερες μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις και οι τεχνολογικές τάσεις που αναμένεται να επηρεάσουν την εξέλιξη των προσαρμοστικών συστημάτων Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών;

Τα ερευνητικά ερωτήματα συνδέονται άμεσα με τη δομή της εργασίας. Το RQ1 απαντάται στο Κεφάλαιο 4, όπου αναλύονται αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις προσαρμογής, ενώ το RQ2 απαντάται στο Κεφάλαιο 5, όπου αναλύονται αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών. Το RQ3 τεκμηριώνεται από τα σχήματα ταξινόμησης και τους πίνακες αντιστοίχισης των Κεφαλαίων 4 και 5. Το RQ4 απαντάται στα Κεφάλαια 4 & 5 μέσω της ανάλυσης των κατηγοριών προσεγγίσεων προσαρμογής και εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών, αντίστοιχα. Το RQ5 απαντάται στο Κεφάλαιο 6 μέσω κοινών κριτηρίων, προκαθορισμένης κλίμακας τιμών και συγκριτικού πίνακα ανά κατηγορία. Τα RQ6 και RQ7 απαντώνται στο Κεφάλαιο 7, όπου κάθε ερευνητικό κενό συνδέεται με συγκεκριμένη μελλοντική κατεύθυνση.

Μεθοδολογικά, η επισκόπηση ακολούθησε διαδοχικά τα στάδια: διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων, βιβλιογραφική αναζήτηση, φιλτράρισμα/επιλογή δημοσιεύσεων, και ποσοτική ανάλυση. Η περαιτέρω δομή του Κεφαλαίου 3 αντικατοπτρίζει ακριβώς αυτή τη ροή (Kitchenham, 2004; Webster & Watson, 2002) (με εξαίρεση το πρώτο στάδιο που καλύπτεται στην τρέχουσα ενότητα). Σημειώνεται πως η ποσοτική ανάλυση (Ενότητα 3.4) ακολουθείται από την εμπεριστατωμένη ποιοτική ανάλυση του τελικού συνόλου επιλεγμένων δημοσιεύσεων που καλύπτεται από τα Κεφάλαια 4-7.

3.2 Στρατηγική Αναζήτησης

Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές της Συστηματικής Βιβλιογραφικής Επισκόπησης (Systematic Literature Review – SLR), ώστε η διαδικασία εντοπισμού, επιλογής και αξιολόγησης των επιστημονικών δημοσιεύσεων να είναι συστηματική, διαφανής και επαναλήψιμη. Η εφαρμογή προκαθορισμένης στρατηγικής αναζήτησης αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον περιορισμό της μεροληψίας κατά την επιλογή των μελετών και για την ενίσχυση της αξιοπιστίας και της εγκυρότητας των αποτελεσμάτων της επισκόπησης (Kitchenham, 2004; Webster & Watson, 2002).

Η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε στις επιστημονικές βάσεις δεδομένων Google Scholar, IEEE Xplore, SpringerLink, ACM Digital Library, ScienceDirect και Web of Science, οι οποίες επιλέχθηκαν επειδή περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό επιστημονικών περιοδικών, πρακτικών συνεδρίων και συλλογικών τόμων που καλύπτουν το γνωστικό αντικείμενο της Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management – BPM) και των πληροφοριακών συστημάτων. Η χρήση πολλαπλών βάσεων δεδομένων κρίθηκε απαραίτητη προκειμένου να επιτευχθεί όσο το δυνατόν πληρέστερη κάλυψη της σχετικής διεθνούς βιβλιογραφίας και να περιοριστεί ο κίνδυνος αποκλεισμού σημαντικών επιστημονικών δημοσιεύσεων (Kitchenham, 2004).

Η στρατηγική αναζήτησης βασίστηκε στη χρήση συνδυασμών λέξεων-κλειδιών που αποτυπώνουν τις βασικές έννοιες του αντικειμένου της έρευνας. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν οι όροι Business Process Adaptation, Business Process Evolution, Adaptive Workflow, Process Flexibility, Dynamic BPM, BPaaS Adaptation, Runtime Process Change, Process Mining και Adaptive PAIS. Οι όροι αυτοί επιλέχθηκαν επειδή αντιπροσωπεύουν τις κυριότερες θεωρητικές και τεχνολογικές προσεγγίσεις που συναντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με την προσαρμογή και την εξέλιξη επιχειρησιακών διαδικασιών.

Για την ενοποίηση της στρατηγικής αναζήτησης χρησιμοποιήθηκε ένα γενικό μοτίβο επερώτησης, προσαρμοζόμενο στη σύνταξη κάθε βάσης δεδομένων: (process OR workflow OR PAIS OR BPaaS OR BPMS) AND (adaptation OR evolution OR adaptive OR flexible OR flexibility OR dynamicity OR dynamic OR change OR modification). Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν ειδικότεροι συνδυασμοί, όπως "exception handling", "schema evolution" και "instance migration", ώστε να εξισορροπηθούν η πληρότητα (recall) και η ακρίβεια (precision) της αναζήτησης.

Η εφαρμογή της παραπάνω στρατηγικής οδήγησε στον εντοπισμό του αρχικού συνόλου των υποψήφιων δημοσιεύσεων, οι οποίες αποτέλεσαν τη βάση για τη συνέχεια της διαδικασίας της επισκόπησης. Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν προκαθορισμένα κριτήρια ένταξης, αποκλεισμού και ποιοτικής αξιολόγησης, προκειμένου να επιλεγούν οι μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά στην επόμενη ενότητα.

3.3 Διαδικασία Βιβλιογραφικής Αναζήτησης & Επιλογής

Πίνακας 3. Διαδικασία βιβλιογραφικής αναζήτησης και επιλογής. Πηγή: Προσαρμογή από Kitchenham (2004) Webster & Watson (2002)

Initial Search
Duplicate Removal
Abstract Screening
Full-text Analysis
Quality Assessment
Final Selection

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας αναζήτησης ακολούθησε η επιλογή των επιστημονικών δημοσιεύσεων που θα αποτελούσαν το τελικό σώμα της βιβλιογραφικής επισκόπησης. Η διαδικασία επιλογής σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις αρχές της Συστηματικής Βιβλιογραφικής Επισκόπησης (Systematic Literature Review – SLR), ώστε η επιλογή των μελετών να πραγματοποιηθεί με συστηματικό, διαφανή και επαναλήψιμο τρόπο, περιορίζοντας τον κίνδυνο μεροληψίας και ενισχύοντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της έρευνας (Kitchenham, 2004; Webster & Watson, 2002).

Η συνολική διαδικασία βιβλιογραφικής επισκόπησης (αναζήτηση & επιλογή) πραγματοποιήθηκε σε τρία διαδοχικά στάδια και αποτυπώνεται στον Πίνακα 3, ο οποίος αποτελεί προσαρμογή της διαδικασίας που προτείνει από τους Kitchenham (2004) και Webster και Watson (2002), προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις και στο αντικείμενο της παρούσας έρευνας. Κατά το πρώτο στάδιο εφαρμόστηκε η στρατηγική αναζήτησης που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, με αποτέλεσμα τον εντοπισμό περισσότερων από 320 επιστημονικών δημοσιεύσεων σχετικών με την προσαρμογή (adaptation) και την εξέλιξη (evolution) επιχειρησιακών διαδικασιών. Το αρχικό σύνολο περιλάμβανε άρθρα από διεθνή επιστημονικά περιοδικά, πρακτικά συνεδρίων και συλλογικούς τόμους, τα οποία κάλυπταν ένα ευρύ φάσμα θεωρητικών και τεχνολογικών προσεγγίσεων στον χώρο του Business Process Management (BPM).

Στο δεύτερο στάδιο εφαρμόστηκαν προκαθορισμένα κριτήρια ένταξης, αποκλεισμού και αφαίρεσης διπλογραφίας (duplicate removal) με σκοπό να διατηρηθούν μόνο οι δημοσιεύσεις που ήταν άμεσα συναφείς με τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας. Η αρχική αξιολόγηση βασίστηκε στον τίτλο και στην περίληψη (abstract) κάθε δημοσίευσης, εξετάζοντας το βαθμό συνάφειάς της (relevance) με το αντικείμενο της επισκόπησης. Παράλληλα, αξιολογήθηκε η ποιότητα του φορέα δημοσίευσης (venue quality), δηλαδή διατηρήθηκαν δημοσιεύσεις κυρίως σε περιοδικά και συνέδρια που εφαρμόζουν διαδικασία κρίσης από ομοτίμους (peer review), καθώς και ο τύπος της δημοσίευσης (publication type), ώστε να αποκλειστούν εργασίες περιορισμένης επιστημονικής τεκμηρίωσης ή μικρής ερευνητικής συνεισφοράς. Ειδικότερα, ως προς το τελευταίο κριτήριο, λήφθηκαν υπόψη άρθρα επιστημονικών περιοδικών, πλήρη άρθρα συνεδρίων και κεφάλαια επιστημονικών βιβλίων, όπως αποτυπώνεται και στην ποσοτική ανάλυση του Πίνακα 5. Συνεπώς, αποκλείστηκαν εν τέλει μη επιστημονικές πηγές, εργασίες χωρίς επαρκές πλήρες κείμενο, μη συναφείς μελέτες και διπλές εγγραφές.

Το τρίτο στάδιο περιλάμβανε την αναλυτική ποιοτική αξιολόγηση των δημοσιεύσεων που παρέμειναν μετά το αρχικό φιλτράρισμα, μελετώντας το πλήρες περιεχόμενο τους. Η αξιολόγηση δεν περιορίστηκε στη θεματική συνάφεια των άρθρων, αλλά επικεντρώθηκε στη συνολική επιστημονική τους αξία. Συγκεκριμένα, εξετάστηκαν η επιστημονική συνεισφορά κάθε μελέτης, ο βαθμός καινοτομίας της προτεινόμενης προσέγγισης, η μεθοδολογική αρτιότητα (methodological rigor) και η απήχηση της δημοσίευσης στη διεθνή βιβλιογραφία, καθώς και η ουσιαστική συμβολή της στην προσαρμογή και εξέλιξη των επιχειρησιακών διαδικασιών. Η αξιολόγηση αυτών των παραμέτρων διασφάλισε ότι οι μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στην επισκόπηση χαρακτηρίζονται από υψηλή επιστημονική ποιότητα και παρέχουν επαρκή τεκμηρίωση για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Το διαθέσιμο αρχείο τεκμηριώνει περισσότερες από 320 αρχικές εγγραφές και 58 τελικά επιλεγμένες δημοσιεύσεις, αλλά δεν διατηρεί ξεχωριστό αριθμό για το ενδιάμεσο σύνολο μετά το δεύτερο στάδιο· για λόγους αναπαραγωγιμότητας δεν εισάγεται μη τεκμηριωμένος αριθμός.

Μετά την ολοκλήρωση όλων των σταδίων του φιλτραρίσματος επιλέχθηκαν συνολικά 58 επιστημονικές δημοσιεύσεις, οι οποίες αποτέλεσαν το τελικό σύνολο της βιβλιογραφικής επισκόπησης. Οι μελέτες αυτές πληρούσαν όλα τα προκαθορισμένα κριτήρια ένταξης/αποκλεισμού και ποιότητας. Ουσιαστικά, η εφαρμογή των συγκεκριμένων κριτηρίων συνέβαλε στη διαμόρφωση ενός αξιόπιστου και αντιπροσωπευτικού συνόλου υποψήφιων μελετών, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες των Kitchenham (2004) και Webster και Watson (2002). Το σύνολο αυτό χρησιμοποιήθηκε έπειτα στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας για την κατηγοριοποίηση, την ανάλυση και τη συγκριτική αξιολόγηση των προσεγγίσεων που παρουσιάζονται.

3.4 Ποσοτική Ανάλυση

Η ποσοτική ανάλυση των επιλεγμένων δημοσιεύσεων αποσκοπεί στην αποτύπωση των βασικών χαρακτηριστικών της βιβλιογραφίας που εξετάστηκε και στην ανάδειξη των κυριότερων τάσεων της ερευνητικής δραστηριότητας στον τομέα της προσαρμογής (adaptation) και της εξέλιξης (evolution) επιχειρησιακών διαδικασιών. Μέσα από την ανάλυση της κατανομής των άρθρων ως προς τον εκδότη, τον τύπο δημοσίευσης και το έτος δημοσίευσης καθίσταται δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ωριμότητα του επιστημονικού πεδίου, τους βασικούς φορείς διάχυσης της γνώσης και τη διαχρονική εξέλιξη του ερευνητικού ενδιαφέροντος.

3.4.1 Κατανομή Άρθρων ανά Εκδότη

Ο **Error! Reference source not found.** παρουσιάζει την κατανομή των επιλεγμένων δημοσιεύσεων ανά εκδοτικό φορέα. Από την ανάλυση προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των άρθρων δημοσιεύεται από τον εκδοτικό οίκο Springer (34%), ενώ ακολουθούν οι IEEE (26%), Elsevier (18%), ACM (14%) και άλλοι εκδότες (8%).

Η κυριαρχία των εκδόσεων της Springer αποδίδεται στη μακροχρόνια συμβολή της στον χώρο των πληροφοριακών συστημάτων και ιδιαίτερα της έρευνας γύρω από τα συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών και τα Process-Aware Information Systems (PAIS). Αντίστοιχα, η σημαντική παρουσία δημοσιεύσεων της IEEE αντικατοπτρίζει τη στενή σύνδεση του αντικειμένου με τεχνολογίες, όπως το υπολογιστικό νέφος (cloud computing), η τεχνητή νοημοσύνη και τα καταναμημένα πληροφοριακά συστήματα.

Παράλληλα, η παρουσία σημαντικού αριθμού εργασιών στους εκδοτικούς οίκους Elsevier και ACM επιβεβαιώνει τον διεπιστημονικό χαρακτήρα του αντικειμένου, καθώς η έρευνα γύρω από την προσαρμογή και την εξέλιξη επιχειρησιακών διαδικασιών συνδυάζει έννοιες της μηχανικής λογισμικού, της διαχείρισης ροών εργασίας, των πληροφοριακών συστημάτων και της τεχνητής νοημοσύνης. Συνεπώς, η κατανομή των δημοσιεύσεων αποτυπώνει ότι το συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο έχει αναπτυχθεί κυρίως μέσα από καταξιωμένους διεθνείς εκδοτικούς φορείς, γεγονός που ενισχύει την αξιοπιστία και την επιστημονική ποιότητα της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα επισκόπηση.

Πίνακας 4. Κατανομή άρθρων ανά εκδότη

Εκδότης	Ποσοστό
Springer	34%
IEEE	26%
Elsevier	18%
ACM	14%
Άλλοι	8%

3.4.2 Κατανομή Αρθρων ανά Τύπο Δημοσίευσης

Η κατανομή των επιλεγμένων εργασιών ως προς τον τύπο δημοσίευσης παρουσιάζεται στον **Error! Reference source not found..** Η πλειονότητα των δημοσιεύσεων αποτελείται από άρθρα επιστημονικών περιοδικών (57%), ενώ ακολουθούν οι δημοσιεύσεις σε πρακτικά συνεδρίων (35%) και τα κεφάλαια συλλογικών τόμων (8%).

Η υψηλή αναλογία δημοσιεύσεων σε επιστημονικά περιοδικά υποδηλώνει ότι το αντικείμενο της προσαρμογής και της εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών αποτελεί πλέον ένα ώριμο ερευνητικό πεδίο, στο οποίο σημαντικό μέρος της γνώσης έχει δημοσιευθεί έπειτα από αυστηρή διαδικασία αξιολόγησης από ομοτίμους (peer review). Παράλληλα, η σημαντική συμμετοχή συνεδριακών δημοσιεύσεων αντανακλά τον δυναμικό χαρακτήρα του αντικειμένου, καθώς νέες τεχνολογικές εξελίξεις, όπως η τεχνητή νοημοσύνη, το cloud BPM και το Business Process as a Service (BPaaS), παρουσιάζονται αρχικά σε διεθνή επιστημονικά συνέδρια πριν δημοσιευθούν σε περιοδικά εφόσον φθάσουν σε κατάλληλο επίπεδο ωριμότητας.

Αντίθετα, τα κεφάλαια βιβλίων εμφανίζονται σε μικρότερο ποσοστό και αφορούν κυρίως θεωρητικές επισκοπήσεις, προτεινόμενες ταξινομήσεις (taxonomies) και εννοιολογικά πλαίσια που συμβάλλουν στη συστηματική οργάνωση της υπάρχουσας γνώσης. Η συγκεκριμένη κατανομή επιβεβαιώνει ότι η έρευνα

στον χώρο εξελίσσεται συνεχώς, ενώ ταυτόχρονα διαθέτει πλέον σημαντικό όγκο ώριμων και επιστημονικά τεκμηριωμένων δημοσιεύσεων.

Πίνακας 5. Κατανομή άρθρων ανά τύπο δημοσίευσης

Τύπος Δημοσίευσης	Ποσοστό
Journal Articles	57%
Conference Papers	35%
Book Chapters	8%

3.4.3 Κατανομή Άρθρων ανά Έτος Δημοσίευσης

Η χρονική κατανομή των επιλεγμένων δημοσιεύσεων παρουσιάζεται στον Πίνακα 6. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι πρώτες σημαντικές εργασίες δημοσιεύθηκαν κατά την περίοδο 1998–2005, ενώ ιδιαίτερα αυξημένη ερευνητική δραστηριότητα παρατηρείται από το 2006 και έπειτα, με κορύφωση στις περιόδους 2011–2015 και 2021–2025.

Η εξέλιξη αυτή αντικατοπτρίζει τη σταδιακή μετατόπιση της έρευνας από τις παραδοσιακές προσεγγίσεις διαχείρισης ροών εργασίας προς περισσότερο ευέλικτα και δυναμικά περιβάλλοντα διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών. Οι πρώτες μελέτες επικεντρώνονταν κυρίως στη διαχείριση εξαιρέσεων, στη διατήρηση της συνέπειας των διαδικασιών και στην ευελιξία των συστημάτων ροής εργασίας. Αντίθετα, οι πιο πρόσφατες δημοσιεύσεις εστιάζουν σε τεχνολογίες, όπως η προγνωστική διαχείριση επιχειρησιακών διαδικασιών (predictive BPM), η αξιοποίηση τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης, η σημασιολογική διαχείριση διαδικασιών (Semantic BPM) και οι αρχιτεκτονικές που βασίζονται στο υπολογιστικό νέφος και το Business Process as a Service (BPaaS).

Η έντονη και συνεχής ερευνητική δραστηριότητα καταδεικνύει ότι το αντικείμενο εξακολουθεί να εξελίσσεται δυναμικά, καθώς οι σύγχρονες επιχειρησιακές απαιτήσεις δημιουργούν αυξανόμενη ανάγκη για διαδικασίες που μπορούν να προσαρμόζονται αυτόματα, να αξιοποιούν δεδομένα πραγματικού χρόνου και να ενσωματώνουν τεχνικές ευφυούς λήψης αποφάσεων.

Συνολικά, η ποσοτική ανάλυση επιβεβαιώνει ότι η έρευνα στον τομέα της προσαρμογής και της εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών παρουσιάζει υψηλό βαθμό ωριμότητας και συνεχή ανάπτυξη. Παράλληλα, αναδεικνύει ότι οι πρόσφατες ερευνητικές προσπάθειες μετατοπίζονται σταδιακά από τις κλασικές προσεγγίσεις ευελιξίας προς περισσότερο αυτόνομα, ευφυή και προσαρμοστικά συστήματα διαχείρισης επιχειρησιακών διαδικασιών. Η διαπίστωση αυτή συνδέεται άμεσα με τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας εργασίας και αποτελεί τη βάση για την αναλυτική παρουσίαση και κατηγοριοποίηση των προσεγγίσεων που ακολουθεί στα επόμενα κεφάλαια.

Πίνακας 6. Αριθμός άρθρων ανά έτος δημοσίευσης

Έτος	Αριθμός Άρθρων
1998-2005	7

Έτος	Αριθμός Άρθρων
2006-2010	13
2011-2015	14
2016-2020	11
2021-2025	13

4

Προσεγγίσεις Προσαρμογής Επιχειρησιακών

Διαδικασιών

Η προσαρμογή των επιχειρησιακών διαδικασιών αποτελεί μία από τις κεντρικές ερευνητικές προκλήσεις της Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management – BPM), καθώς οι σύγχρονες διαδικασίες καλούνται να λειτουργούν σε περιβάλλοντα που χαρακτηρίζονται από μεταβαλλόμενες επιχειρησιακές απαιτήσεις, απρόβλεπτα γεγονότα, διαφοροποιήσεις στη διαθεσιμότητα πόρων και αυξανόμενη τεχνολογική πολυπλοκότητα. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις διαχείρισης ροών εργασίας, στις οποίες το μοντέλο μιας διαδικασίας προσδιορίζεται πριν από την εκτέλεσή της και παραμένει κατά κανόνα σταθερό, οι προσαρμοστικές προσεγγίσεις επιδιώκουν να παρέχουν μηχανισμούς μέσω των οποίων η συμπεριφορά μιας διαδικασίας μπορεί να μεταβάλλεται όταν οι συνθήκες εκτέλεσης το απαιτούν (Reichert & Dadam, 1998; Weber et al., 2008; Reichert & Weber, 2012).

Η βιβλιογραφική επισκόπηση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας καταδεικνύει ότι οι σχετικές προσεγγίσεις δεν διαφοροποιούνται αποκλειστικά ως προς τις τεχνικές που χρησιμοποιούν, αλλά κυρίως ως προς τη λογική ενεργοποίησης της προσαρμογής, τον χρόνο στον οποίο αυτή πραγματοποιείται και τον βαθμό ανθρώπινης ή αυτοματοποιημένης παρέμβασης. Υπό αυτή την οπτική, ιδιαίτερη σημασία αποκτά η διάκριση μεταξύ προσαρμογής που πραγματοποιείται στο πλαίσιο της εκτέλεσης μιας επιχειρησιακής περίπτωσης, προσαρμογής που ενεργοποιείται ως αντίδραση σε εξαιρέσεις και αποκλίσεις και προσαρμογής που επιχειρεί να προβλέψει μια ανεπιθύμητη κατάσταση πριν αυτή εκδηλωθεί. Η διάκριση αυτή επιτρέπει την αποτύπωση της σταδιακής μετάβασης του BPM από κυρίως αντιδραστικούς μηχανισμούς διαχείρισης αλλαγών προς περισσότερο προληπτικές και προγνωστικές μορφές προσαρμογής (Reichert & Weber, 2012; van der Aalst, 2016; Dumas et al., 2018; Marrella, 2019).

Με βάση το παραπάνω κριτήριο, οι προσεγγίσεις που εξετάζονται στο παρόν κεφάλαιο οργανώνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: Case Handling, Exception Handling και Predictive Adaptation. Η πρώτη κατηγορία αφορά προσεγγίσεις στις οποίες η ευελιξία επιτυγχάνεται κυρίως μέσω της διαχείρισης της επιχειρησιακής περίπτωσης και της αυξημένης αυτονομίας των χρηστών κατά την εκτέλεση. Η δεύτερη αφορά μηχανισμούς που αναγνωρίζουν και αντιμετωπίζουν εξαιρέσεις ή αποκλίσεις από την αναμενόμενη εκτέλεση και περιλαμβάνει τόσο δυναμικό χειρισμό εξαιρέσεων όσο και αυτοματοποιημένη επιδιόρθωση διαδικασιών. Η τρίτη κατηγορία αφορά την προγνωστική προσαρμογή, στην οποία δεδομένα εκτέλεσης και υπολογιστικές τεχνικές αξιοποιούνται με στόχο την πρόβλεψη μιας πιθανής απόκλισης και την ενεργοποίηση κατάλληλων ενεργειών πριν αυτή επηρεάσει τη διαδικασία (van der Aalst et al., 2005; Adams et al., 2007; Reichert & Weber, 2012; van der Aalst, 2016).

Η δομή του κεφαλαίου ακολουθεί αυτή την κατηγοριοποίηση. Αρχικά, στην Ενότητα 4.1 θεμελιώνεται το προτεινόμενο σχήμα ταξινόμησης και αποσαφηνίζονται οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των τριών κατηγοριών. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το Case Handling ως αυτοτελής κατηγορία προσαρμογής και αναλύεται αντιπροσωπευτική προσέγγισή του. Ακολουθεί η κατηγορία Exception Handling, η οποία διακρίνεται περαιτέρω σε Dynamic Exception Handling και Automatic Process Repair, ώστε να αποτυπωθεί η μετάβαση από τον δυναμικό χειρισμό μιας εξαίρεσης προς περισσότερο αυτοματοποιημένους μηχανισμούς αποκατάστασης. Τέλος, εξετάζεται η κατηγορία Predictive Adaptation, με αντιπροσωπευτική προσέγγιση την προγνωστική διαχείριση BPaaS, η οποία διαφοροποιείται από τις προηγούμενες επειδή επιχειρεί να ενεργοποιήσει την προσαρμογή πριν από την πραγματική εκδήλωση της προβληματικής κατάστασης. Για κάθε κατηγορία παρουσιάζονται τόσο η θεωρητική της θεμελίωση και μία αντιπροσωπευτική προσέγγιση όσο και συγκεντρωτικός πίνακας των σχετικών προσεγγίσεων που εντοπίστηκαν κατά τη συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση.

4.1 Κατηγοριοποίηση Προσεγγίσεων Προσαρμογής

Η κατηγοριοποίηση των προσεγγίσεων προσαρμογής αποτελεί κρίσιμο βήμα για τη συστηματική μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, καθώς ο όρος Business Process Adaptation χρησιμοποιείται για να περιγράψει μηχανισμούς με σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τον χρόνο ενεργοποίησης, το αντικείμενο της αλλαγής, τον βαθμό αυτοματοποίησης και τον ρόλο του ανθρώπινου παράγοντα. Η βιβλιογραφία για την ευελιξία και την αλλαγή επιχειρησιακών διαδικασιών έχει ήδη αναδείξει ότι η προσαρμογή δεν αποτελεί ενιαίο τεχνολογικό μηχανισμό, αλλά ένα σύνολο διαφορετικών τρόπων αντιμετώπισης της μεταβλητότητας κατά τον κύκλο ζωής μιας διαδικασίας (Reichert & Dadam, 1998; Schonenberg et al., 2008; Weber et al., 2008; Reichert & Weber, 2012).

Για τις ανάγκες της παρούσας επισκόπησης, ως βασικός άξονας ταξινόμησης χρησιμοποιείται ο τρόπος και ο χρόνος ενεργοποίησης της προσαρμογής. Με το κριτήριο αυτό είναι δυνατό να διακριθούν, σε ένα ανώτερο επίπεδο, οι μηχανισμοί που προσαρμόζουν τη διαδικασία κατά την εξέλιξη μιας επιχειρησιακής περίπτωσης ή ως απόκριση σε μια ήδη διαπιστωμένη κατάσταση από εκείνους που επιχειρούν να προβλέψουν την κατάσταση και να παρέμβουν πριν από την εκδήλωσή της. Η διάκριση αυτή μπορεί να αποδοθεί ως μετάβαση από reactive/proactive adaptation προς predictive adaptation, χωρίς ωστόσο οι όροι

αυτοί να θεωρούνται απολύτως αμοιβαία αποκλειόμενοι. Αντίθετα, λειτουργούν ως ερμηνευτικό πλαίσιο για την κατανόηση του πότε και με ποια λογική ενεργοποιείται ένας μηχανισμός προσαρμογής.

Στο πλαίσιο αυτό, η πρώτη διακριτή κατηγορία είναι το Case Handling. Η συγκεκριμένη προσέγγιση διαφοροποιείται από τα παραδοσιακά workflow management systems επειδή δεν θεωρεί την αυστηρά προκαθορισμένη ακολουθία δραστηριοτήτων ως το αποκλειστικό κέντρο της εκτέλεσης. Αντίθετα, δίνει έμφαση στην επιχειρησιακή περίπτωση (case), στα δεδομένα που τη χαρακτηρίζουν και στη γνώση του χρήστη που είναι υπεύθυνος για τη διαχείρισή της. Οι van der Aalst, Weske και Grünbauer (2005) υποστηρίζουν ότι η συγκεκριμένη μετατόπιση επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία σε διαδικασίες έντασης γνώσης, επειδή οι χρήστες μπορούν, υπό συγκεκριμένους περιορισμούς, να αποφασίζουν ποιες δραστηριότητες είναι κατάλληλες με βάση την πραγματική κατάσταση της υπόθεσης και όχι αποκλειστικά σύμφωνα με μια προκαθορισμένη διαδρομή εκτέλεσης. Υπό αυτή την έννοια, το Case Handling αποτελεί διακριτή φιλοσοφία προσαρμογής και δεν είναι σκόπιμο να αντιμετωπίζεται απλώς ως παραλλαγή της δομικής runtime αλλαγής (van der Aalst et al., 2005; Weske, 2019).

Η δεύτερη κατηγορία είναι το Exception Handling, το οποίο επικεντρώνεται στην αντιμετώπιση καταστάσεων στις οποίες η κανονική εκτέλεση μιας επιχειρησιακής διαδικασίας δεν μπορεί να συνεχιστεί σύμφωνα με το προβλεπόμενο μοντέλο. Οι εξαιρέσεις μπορεί να προκύψουν από αποτυχίες υπηρεσιών, μη διαθεσιμότητα πόρων, αλλαγές δεδομένων, παραβιάσεις περιορισμών ή απρόβλεπτες επιχειρησιακές συνθήκες. Σε αντίθεση με το Case Handling, όπου η ευελιξία αποτελεί εγγενές στοιχείο της λογικής εκτέλεσης, στο Exception Handling η ανάγκη προσαρμογής ενεργοποιείται από μια απόκλιση ή μια κατάσταση που απαιτεί ειδική αντιμετώπιση. Η βιβλιογραφία έχει αναδείξει τη σημασία δυναμικών και επεκτάσιμων μηχανισμών χειρισμού εξαιρέσεων, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα στα οποία δεν είναι εφικτό να προσδιοριστούν όλες οι πιθανές αποκλίσεις κατά τον σχεδιασμό της διαδικασίας (Adams et al., 2007; Reichert & Weber, 2012).

Στην παρούσα εργασία, το Exception Handling αναλύεται περαιτέρω σε δύο υποκατηγορίες. Η πρώτη είναι το Dynamic Exception Handling, όπου η αντιμετώπιση μιας εξαίρεσης μπορεί να διαμορφώνεται δυναμικά κατά τον χρόνο εκτέλεσης. Η δεύτερη είναι το Automatic Process Repair, το οποίο προχωρά ένα βήμα περισσότερο και επιδιώκει την αυτόματη ή ημιαυτόματη παραγωγή ενεργειών αποκατάστασης όταν διαπιστώνεται απόκλιση μεταξύ της επιθυμητής και της πραγματικής κατάστασης μιας διαδικασίας. Η διάκριση είναι ουσιαστική, καθώς η πρώτη υποκατηγορία επικεντρώνεται στην δυναμική αντιμετώπιση της εξαίρεσης, ενώ η δεύτερη μεταφέρει μεγαλύτερο μέρος της ευθύνης επιλογής της διορθωτικής ενέργειας από τον άνθρωπο στο πληροφοριακό σύστημα. Η κατεύθυνση αυτή αποτυπώνει τη γενικότερη εξέλιξη των adaptive BPMS προς υψηλότερους βαθμούς αυτοματοποίησης (Reichert & Weber, 2012; Dumas et al., 2018).

Η τρίτη βασική κατηγορία είναι η Predictive Adaptation. Το βασικό χαρακτηριστικό που τη διαφοροποιεί δεν είναι απλώς η χρήση τεχνητής νοημοσύνης, καθώς τεχνικές ΑΙ μπορούν να αξιοποιούνται και σε μηχανισμούς άλλων κατηγοριών, αλλά ο προγνωστικός και προληπτικός χαρακτήρας της προσαρμογής. Στις προσεγγίσεις αυτές, δεδομένα από προηγούμενες και τρέχουσες εκτελέσεις αξιοποιούνται για την εκτίμηση της μελλοντικής συμπεριφοράς της διαδικασίας και τον έγκαιρο εντοπισμό πιθανών αποκλίσεων, καθυστερήσεων ή παραβιάσεων επιχειρησιακών απαιτήσεων. Η προσαρμογή επομένως δεν ενεργοποιείται

μόνο όταν ένα πρόβλημα έχει ήδη εμφανιστεί, αλλά μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν αυτό επηρεάσει την εκτέλεση της διαδικασίας (van der Aalst, 2016; Marrella, 2019; Dumas et al., 2018).

Η διαφοροποίηση της Predictive Adaptation από μια γενικότερη κατηγορία «AI-driven adaptation» είναι σημαντική και από εννοιολογική άποψη. Η τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί τεχνολογικό μέσο και μπορεί να υποστηρίζει διαφορετικές μορφές προσαρμογής, όπως την αναγνώριση εξαιρέσεων, την επιλογή διορθωτικών ενεργειών ή την αυτοματοποιημένη επιδιόρθωση. Αντίθετα, η πρόβλεψη προσδιορίζει τη χρονική και λειτουργική λογική της συγκεκριμένης κατηγορίας: το σύστημα επιχειρεί να εκτιμήσει μια μελλοντική ανεπιθύμητη κατάσταση και να ενεργήσει εγκαίρως. Η διάκριση αυτή καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική σε δυναμικά περιβάλλοντα υπολογιστικού νέφους και BPaaS, στα οποία η διαθεσιμότητα πόρων, ο φόρτος εργασίας και οι απαιτήσεις υπηρεσιών μπορούν να μεταβάλλονται συνεχώς (Dustdar et al., 2015; van der Aalst, 2016; Marrella, 2019).

Οι τρεις κατηγορίες δεν πρέπει να θεωρηθούν ανταγωνιστικές ή απολύτως απομονωμένες. Αντίθετα, εκφράζουν διαφορετικές στρατηγικές αντιμετώπισης της μεταβλητότητας. Το Case Handling τοποθετεί την προσαρμοστικότητα μέσα στην ίδια τη λογική διαχείρισης της επιχειρησιακής περίπτωσης και ενισχύει την ανθρώπινη κρίση. Το Exception Handling ενεργοποιεί μηχανισμούς αντιμετώπισης όταν η εκτέλεση αποκλίνει από την αναμενόμενη συμπεριφορά, ενώ το Predictive Adaptation επιδιώκει να μεταφέρει χρονικά την παρέμβαση πριν από την εκδήλωση της προβληματικής κατάστασης. Επομένως, η εξέλιξη των προσεγγίσεων μπορεί να ερμηνευθεί ως σταδιακή διεύρυνση της ικανότητας ενός BPMS να διαχειρίζεται την αβεβαιότητα: από την παροχή ελευθερίας κατά την εκτέλεση, στη δυναμική αντίδραση σε αποκλίσεις και, τελικά, στην πρόβλεψη και προληπτική αντιμετώπισή τους.

Η κατηγοριοποίηση αυτή (δείτε Πίνακα 7) παρέχει το εννοιολογικό πλαίσιο για την ανάλυση που ακολουθεί. Για κάθε κατηγορία εξετάζονται οι βασικές αρχές λειτουργίας, οι αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφική επισκόπηση, ο μηχανισμός προσαρμογής, ο βαθμός αυτοματοποίησης, τα βασικά πλεονεκτήματα και οι περιορισμοί. Παράλληλα, η συγκεντρωτική παρουσίαση των σχετικών μελετών ανά κατηγορία (δείτε Πίνακα 8) επιτρέπει τη σύνδεση της ποιοτικής ανάλυσης του παρόντος κεφαλαίου με τη διαδικασία επιλογής της βιβλιογραφίας που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3 και δημιουργεί την αναγκαία βάση για τη συγκριτική αξιολόγηση του Κεφαλαίου 6.

Πίνακας 7. Σχήμα ταξινόμησης

Κατηγορία	Χρονικός χαρακτήρας	Κύριος μηχανισμός	Αντιπροσωπευτική εργασία
Case Handling	Proactive / user-driven	Ευελιξία μέσω δεδομένων υπόθεσης και ανθρώπινης κρίσης	van der Aalst et al. (2005)
Exception Handling	Reactive	Δυναμικός χειρισμός εξαιρέσεων και αυτόματη επιδιόρθωση	Adams et al. (2007); van Beest et al. (2012)
Predictive Adaptation	Predictive	Πρόβλεψη μελλοντικής κατάστασης και έγκαιρη επιλογή προσαρμογής	Hedhli et al. (2022)

Σημειώνεται ότι βάσει και του παραπάνω πίνακα, οι δύο πρώτες κατηγορίες εντάσσονται στο ευρύτερο φάσμα reactive/proactive adaptation, ενώ η τρίτη μετατοπίζει την απόφαση πριν από την εκδήλωση της προβληματικής κατάστασης και αποτελεί predictive adaptation.

Πίνακας 8. Αντιστοίχιση προσεγγίσεων προσαρμογής με τις κατηγορίες του Κεφαλαίου 4

Κατηγορία / υποκατηγορία	Προσεγγίσεις βάσει της βιβλιογραφίας	Κύρια συμβολή
Case Handling	van der Aalst et al. (2005); Reijers et al. (2003); van der Aalst et al. (2003)	Data/case-centric εκτέλεση και αυτονομία knowledge worker
Dynamic Exception Handling	Hagen & Alonso (2000); Casati & Pozzi (1999); Casati et al. (1999); Chiu et al. (2000); Adams et al. (2003, 2005, 2006, 2007); Russell et al. (2006); Mourão & Antunes (2007)	Δυναμική επιλογή/σύνθεση ενεργειών χειρισμού μετά από εξαίρεση
Automatic Process Repair / Recovery	Baresi et al. (2007); Golani & Gal (2006); van Beest et al. (2012); Zou et al. (2004); Müller et al. (2004); Minor et al. (2007)	Αυτόματη ή ημιαυτόματη αποκατάσταση συνεπούς εκτέλεσης
Predictive / Cloud-enabled Adaptation	Hedhli et al. (2022); Guinea et al. (2011); Popescu et al. (2012); Schulte et al. (2015); Khalaf et al. (2014); Kritikos et al. (2017); Sellami et al. (2014); Rekik et al. (2016a, 2016b, 2020); Yongsiriwit et al. (2016); Suleiman et al. (2009)	Πρόβλεψη, παρακολούθηση πολλαπλών επιπέδων και προληπτική αναδιαμόρφωση

Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι, οι εργασίες είναι δυνατό να συνεισφέρουν σε περισσότερες από μία διαστάσεις/κατηγορίες· η ένταξη εδώ αποτυπώνει τον κύριο ρόλο τους στην ανάλυση.

4.2 Case Handling

Το Case Handling αποτελεί διακριτή κατηγορία προσαρμογής επιχειρησιακών διαδικασιών, καθώς διαφοροποιείται ουσιαστικά από τις κλασικές προσεγγίσεις διαχείρισης ροών εργασίας ως προς το αντικείμενο γύρω από το οποίο οργανώνεται η εκτέλεση της διαδικασίας. Στα παραδοσιακά Workflow Management Systems (WfMS), το μοντέλο διαδικασίας καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την ακολουθία των δραστηριοτήτων και τον τρόπο με τον οποίο αυτές ενεργοποιούνται. Αντίθετα, στο Case Handling το επίκεντρο μεταφέρεται από την αυστηρή ροή ελέγχου στην επιχειρησιακή περίπτωση (case), στα δεδομένα που τη χαρακτηρίζουν και στη γνώση των χρηστών που συμμετέχουν στη διαχείρισή της (van der Aalst et al., 2005; Weske, 2012; Dumas et al., 2018).

Η διαφοροποίηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για διαδικασίες στις οποίες η ακριβής πορεία εκτέλεσης δεν μπορεί να προσδιοριστεί πλήρως κατά τον σχεδιασμό. Σε περιβάλλοντα έντασης γνώσης (knowledge-intensive processes), η πορεία μιας επιχειρησιακής περίπτωσης μπορεί να εξαρτάται από πληροφορίες που γίνονται διαθέσιμες σταδιακά, από την εμπειρία των εργαζομένων ή από ιδιαιτερότητες που δεν μπορούν να προβλεφθούν εκ των προτέρων. Συνεπώς, η αυστηρή προδιαγραφή όλων των πιθανών ακολουθιών δραστηριοτήτων μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολικά σύνθετα μοντέλα ή να περιορίσει την ικανότητα των

χρηστών να ανταποκριθούν αποτελεσματικά σε πραγματικές επιχειρησιακές συνθήκες (Reichert & Dadam, 1998; van der Aalst et al., 2005; Reichert & Weber, 2012).

Υπό αυτή την οπτική, το Case Handling μπορεί να θεωρηθεί ως μια μορφή προσαρμογής ενσωματωμένης στην ίδια τη λογική εκτέλεσης της διαδικασίας. Η ευελιξία δεν επιτυγχάνεται πρωτίστως μέσω εκ των υστέρων τροποποίησης του process schema, αλλά μέσω της δυνατότητας του χρήστη να αποφασίζει, εντός καθορισμένων περιορισμών, ποιες ενέργειες είναι κατάλληλες σύμφωνα με την κατάσταση της συγκεκριμένης υπόθεσης. Η προσαρμογή είναι επομένως στενά συνδεδεμένη με την ανθρώπινη κρίση, τη διαθεσιμότητα των δεδομένων και το επιχειρησιακό πλαίσιο στο οποίο λαμβάνεται η απόφαση (van der Aalst et al., 2005; Weske, 2019).

Η λογική αυτή διαφοροποιεί το Case Handling και από το Exception Handling, το οποίο αναλύεται στην επόμενη κατηγορία του κεφαλαίου. Στο Exception Handling, η προσαρμογή ενεργοποιείται κατά κανόνα όταν έχει διαπιστωθεί μια απόκλιση ή εξαίρεση από την αναμενόμενη εκτέλεση. Στο Case Handling, αντίθετα, δεν είναι απαραίτητο να έχει προηγηθεί αποτυχία ή παραβίαση του μοντέλου. Η δυνατότητα επιλογής διαφορετικής πορείας αποτελεί μέρος του κανονικού τρόπου διαχείρισης της περίπτωσης. Για τον λόγο αυτό, η κατηγορία μπορεί να χαρακτηριστεί ως περισσότερο proactive ή user-driven σε σχέση με τις καθαρά reactive exception-handling προσεγγίσεις.

Παράλληλα, το Case Handling διαφοροποιείται από την Predictive Adaptation. Και στις δύο περιπτώσεις η προσαρμογή μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν από την εμφάνιση μιας πραγματικής αποτυχίας, όμως ο μηχανισμός που οδηγεί στην απόφαση είναι διαφορετικός. Στο Case Handling η απόφαση βασίζεται κυρίως στην ανθρώπινη γνώση και στα δεδομένα της επιχειρησιακής περίπτωσης, ενώ στις predictive approaches η μελλοντική κατάσταση εκτιμάται μέσω αναλυτικών ή υπολογιστικών μοντέλων, ώστε το πληροφοριακό σύστημα να ενεργοποιήσει προληπτικά την κατάλληλη ενέργεια. Έτσι, οι δύο κατηγορίες διαφέρουν ουσιαστικά ως προς την πηγή της «ευφυΐας» που καθοδηγεί την προσαρμογή.

Η κατηγορία Case Handling είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για διαδικασίες που χαρακτηρίζονται από υψηλή μεταβλητότητα, περιορισμένη προβλεψιμότητα και ανάγκη αξιοποίησης εξειδικευμένης ανθρώπινης γνώσης. Παραδείγματα αποτελούν η διαχείριση ιατρικών περιστατικών, η εξέταση ασφαλιστικών απαιτήσεων, οι εγκρίσεις χρηματοδότησης και οι σύνθετες διοικητικές διαδικασίες, όπου δύο φαινομενικά όμοιες περιπτώσεις ενδέχεται να απαιτούν διαφορετική πορεία χειρισμού. Σε τέτοια περιβάλλοντα, η δυνατότητα πρόσβασης στο συνολικό πλαίσιο της υπόθεσης και η ελευθερία επιλογής κατάλληλων ενεργειών μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερη λειτουργική αποτελεσματικότητα από ένα αυστηρά προκαθορισμένο workflow (van der Aalst et al., 2005; Reichert & Weber, 2012; Weske, 2019).

Από την άλλη πλευρά, η αυξημένη ελευθερία που παρέχεται στους χρήστες δημιουργεί συγκεκριμένες προκλήσεις. Η διαφοροποίηση μεταξύ παρόμοιων περιπτώσεων μπορεί να δυσχεράνει την τυποποίηση και τη συγκριτική αξιολόγηση της εκτέλεσης, ενώ η σημαντική εξάρτηση από την ανθρώπινη κρίση περιορίζει τον βαθμό πλήρους αυτοματοποίησης. Επιπλέον, σε περιβάλλοντα αυστηρής κανονιστικής συμμόρφωσης απαιτούνται σαφείς μηχανισμοί εξουσιοδότησης, καταγραφής αποφάσεων και ελέγχου, ώστε η ευελιξία να μη συνεπάγεται απώλεια λογοδοσίας ή συνέπειας (van der Aalst et al., 2005; Reichert & Weber, 2012; Dumas et al., 2018).

Συνεπώς, η αξία του Case Handling δεν έγκειται στην αντικατάσταση των δομημένων workflow προσεγγίσεων, αλλά στην παροχή μιας διαφορετικής στρατηγικής προσαρμογής για περιπτώσεις στις οποίες η επιχειρησιακή γνώση και η μεταβλητότητα καθιστούν ανεπαρκή την πλήρη προκαθορισμένη μοντελοποίηση. Η αντιπροσωπευτική προσέγγιση των van der Aalst, Weske και Grünbauer (2005), η οποία παρουσιάζεται στην επόμενη υποενότητα, θεμελίωσε συστηματικά αυτή τη φιλοσοφία και αποτελεί τη βασική εργασία αναφοράς για την κατηγορία.

4.2.1 Case Handling: A New Paradigm for Business Process Support

Η εργασία των van der Aalst, Weske και Grünbauer (2005), Case handling: A new paradigm for business process support, αποτελεί τη βασική αντιπροσωπευτική προσέγγιση της κατηγορίας Case Handling και εισάγει μια διαφορετική φιλοσοφία υποστήριξης επιχειρησιακών διαδικασιών. Η βασική της θέση είναι ότι η αυστηρή καθοδήγηση της εκτέλεσης μέσω προκαθορισμένων ροών εργασίας δεν είναι κατάλληλη για όλες τις μορφές επιχειρησιακών διαδικασιών, ιδιαίτερα για εκείνες στις οποίες η ανθρώπινη κρίση και η συνεχής αξιοποίηση πληροφοριών αποτελούν αναπόσπαστα στοιχεία της εκτέλεσης (van der Aalst et al., 2005).

Στα συμβατικά workflow systems, η εκτέλεση μιας δραστηριότητας καθορίζεται κατά κύριο λόγο από τη θέση της στο μοντέλο της ροής και από την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων που προηγούνται. Το Case Handling αμφισβητεί αυτή την αρχή και τοποθετεί στο κέντρο του συστήματος την επιχειρησιακή υπόθεση και τα δεδομένα της. Οι δραστηριότητες δεν αντιμετωπίζονται ως απομονωμένα βήματα, αλλά ως μέσα μέσω των οποίων μεταβάλλεται σταδιακά η κατάσταση της υπόθεσης. Κατά συνέπεια, η εξέλιξη των δεδομένων αποκτά ουσιαστικό ρόλο στον καθορισμό των επόμενων ενεργειών (van der Aalst et al., 2005; Weske, 2012).

Κρίσιμο χαρακτηριστικό της προσέγγισης είναι επομένως η μετάβαση από control-flow-oriented σε περισσότερο data-driven execution. Η δυνατότητα εκτέλεσης μιας δραστηριότητας εξαρτάται από το εάν οι απαιτούμενες πληροφορίες είναι διαθέσιμες και από το εάν πληρούνται οι σχετικοί επιχειρησιακοί περιορισμοί. Η αρχή αυτή περιορίζει την ανάγκη μοντελοποίησης κάθε πιθανής διαδρομής και επιτρέπει στο ίδιο process model να υποστηρίξει σημαντικά διαφορετικές περιπτώσεις εκτέλεσης. Το υπάρχον κείμενο της διπλωματικής αναγνωρίζει ακριβώς αυτή τη μετάβαση ως μία από τις σημαντικότερες θεωρητικές συνεισφορές του Case Handling.

Παράλληλα, η προσέγγιση αντιμετωπίζει το πρόβλημα που οι συγγραφείς περιγράφουν ως context tunneling. Στα παραδοσιακά workflow systems, ο χρήστης συχνά βλέπει μόνο την εργασία που του έχει ανατεθεί και ένα περιορισμένο υποσύνολο των σχετικών πληροφοριών. Ως αποτέλεσμα, μπορεί να καλείται να λάβει αποφάσεις χωρίς πλήρη γνώση της συνολικής επιχειρησιακής περίπτωσης. Στο Case Handling, αντίθετα, παρέχεται ευρύτερη πρόσβαση στα δεδομένα και στην κατάσταση του case, επιτρέποντας στον knowledge worker να κατανοεί καλύτερα τις συνέπειες της απόφασής του και τη σχέση της με τις υπόλοιπες ενέργειες της διαδικασίας (van der Aalst et al., 2005; Weske, 2012).

Η αυξημένη ευελιξία υποστηρίζεται επίσης μέσω του διαχωρισμού της εξουσιοδότησης (authorization) από τη διανομή εργασίας (work distribution). Ο χρήστης δεν περιορίζεται απαραίτητα σε δραστηριότητες που του ανατίθενται με έναν αυστηρά προκαθορισμένο μηχανισμό. Ανάλογα με τον ρόλο και τα δικαιώματά του μπορεί να έχει τη δυνατότητα να επιλέγει ενέργειες, να παρακάμπτει συγκεκριμένα βήματα ή να επιστρέφει σε προηγούμενες δραστηριότητες, εφόσον διατηρούνται οι απαραίτητοι επιχειρησιακοί περιορισμοί. Η επιλογή αυτή αυξάνει σημαντικά τη λειτουργική αυτονομία των χρηστών και διαφοροποιεί την προσέγγιση από τη λογική της αυστηρής ανάθεσης εργασιών των παραδοσιακών WfMS (van der Aalst et al., 2005; Dumas et al., 2018).

Σε επίπεδο μοντελοποίησης, μπορεί και συνδέει δραστηριότητες, δεδομένα, ρόλους και δικαιώματα με την ίδια επιχειρησιακή περίπτωση. Τα δεδομένα δεν αποτελούν επομένως απλώς εισόδους και εξόδους ανεξάρτητων δραστηριοτήτων, αλλά κεντρικό στοιχείο της κατάστασης του case. Η επιλογή αυτή επιτρέπει σε διαφορετικούς χρήστες να συνεργάζονται πάνω στην ίδια υπόθεση και να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση ένα κοινό πληροφοριακό πλαίσιο, στοιχείο που είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε σύνθετες και πολυμερείς διαδικασίες (van der Aalst et al., 2005; Weske, 2019).

Από πλευράς προσαρμογής, η σημαντικότερη συνεισφορά της προσέγγισης είναι ότι μεταφέρει μέρος της ευελιξίας από το επίπεδο της αλλαγής του process model στο επίπεδο της πραγματικής επιχειρησιακής εκτέλεσης. Ο χρήστης δεν χρειάζεται κάθε φορά να τροποποιεί το schema για να αντιμετωπίσει μια διαφορετική περίπτωση. Μπορεί να αξιοποιήσει το διαθέσιμο περιθώριο επιλογής που έχει ενσωματωθεί στη λογική του case. Αυτή είναι και η ουσιαστική διαφοροποίηση σε σχέση με προσεγγίσεις όπως το ADEPTflex, όπου η ευελιξία επιτυγχάνεται μέσω ελεγχόμενων δομικών αλλαγών στο process model (Reichert & Dadam, 1998; Reichert & Weber, 2012).

Η προσέγγιση παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα για knowledge-intensive processes. Ενισχύει την αξιοποίηση της ανθρώπινης εμπειρίας, προσφέρει μεγαλύτερη επίγνωση του επιχειρησιακού πλαισίου και περιορίζει την ανάγκη δημιουργίας υπερβολικά σύνθετων μοντέλων που επιχειρούν να προβλέψουν κάθε πιθανή παραλλαγή. Παράλληλα, όμως, η ίδια η αυξημένη αυτονομία αποτελεί και βασικό περιορισμό: διαφορετικοί χρήστες μπορεί να ακολουθούν διαφορετικές στρατηγικές για παρόμοιες περιπτώσεις, με συνέπεια να μειώνεται η τυποποίηση και να αυξάνονται οι απαιτήσεις παρακολούθησης και ελέγχου (van der Aalst et al., 2005; Reichert & Weber, 2012; Dumas et al., 2018).

Η κριτική αποτίμηση της προσέγγισης καταδεικνύει επομένως ότι το Case Handling δεν πρέπει να αξιολογείται με τα ίδια κριτήρια που εφαρμόζονται σε ένα πλήρως δομημένο workflow system. Η βασική του αξία βρίσκεται ακριβώς στην παροχή controlled freedom στους knowledge workers. Όσο μεγαλύτερη είναι η αβεβαιότητα και η ανάγκη ανθρώπινης κρίσης, τόσο μεγαλύτερη είναι η χρησιμότητα της προσέγγισης. Αντίθετα, σε διαδικασίες που απαιτούν εξαιρετικά υψηλό βαθμό επαναληψιμότητας, αυστηρή κανονιστική συμμόρφωση και πλήρη αυτοματοποίηση, ένα περισσότερο δομημένο μοντέλο μπορεί να αποδειχθεί καταλληλότερο.

Συνολικά, η εργασία των van der Aalst, Weske και Grünbauer (2005) αποτέλεσε καθοριστική συμβολή στην εξέλιξη της έννοιας της process flexibility, διότι απέδειξε ότι η προσαρμογή δεν απαιτεί πάντοτε μεταβολή της δομής μιας διαδικασίας. Μπορεί επίσης να επιτευχθεί μέσω μιας διαφορετικής αρχιτεκτονικής εκτέλεσης, στην οποία τα δεδομένα, η κατάσταση της επιχειρησιακής περίπτωσης και η

γνώση των χρηστών καθορίζουν δυναμικά την πορεία της διαδικασίας. Η αντίληψη αυτή δικαιολογεί την αντιμετώπιση του Case Handling ως αυτοτελούς κατηγορίας στο πλαίσιο της παρούσας επισκόπησης και όχι ως υποπερίπτωσης των γενικότερων runtime adaptation approaches.

Πίνακας 9. Σύνοψη της αντιπροσωπευτικής προσέγγισης της κατηγορίας Case Handling

Προσέγγιση / Εργασία	Βασική αρχή	Τύπος προσαρμογής	Κύριο πλεονέκτημα	Βασικός περιορισμός
van der Aalst, Weske & Grünbauer (2005), Case Handling: A New Paradigm for Business Process Support	Case- και data-centric διαχείριση με αυξημένη αυτονομία knowledge workers	Proactive / user-driven flexibility	Υψηλή ευελιξία σε knowledge-intensive processes	Περιορισμένη τυποποίηση και υψηλή εξάρτηση από ανθρώπινη κρίση

4.3 Exception Handling

Η διαχείριση εξαιρέσεων (Exception Handling) αποτελεί τη δεύτερη βασική κατηγορία προσαρμογής που εξετάζεται στην παρούσα εργασία και αφορά την ικανότητα μιας επιχειρησιακής διαδικασίας να ανταποκρίνεται σε αποκλίσεις ή μη αναμενόμενες καταστάσεις που εμφανίζονται κατά τον χρόνο εκτέλεσης. Σε αντίθεση με το Case Handling, όπου η ευελιξία αποτελεί εγγενές χαρακτηριστικό της κανονικής εκτέλεσης και βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη δυνατότητα των χρηστών να διαχειρίζονται δυναμικά την επιχειρησιακή περίπτωση, το Exception Handling ενεργοποιείται όταν η προβλεπόμενη πορεία μιας διαδικασίας δεν μπορεί να συνεχιστεί χωρίς παρέμβαση (Reichert & Dadam, 1998; Weber et al., 2008; Reichert & Weber, 2012).

Οι εξαιρέσεις μπορεί να οφείλονται σε διαφορετικούς παράγοντες, όπως αποτυχία εκτέλεσης μιας δραστηριότητας, μη διαθεσιμότητα πόρων, δυσλειτουργία εξωτερικής υπηρεσίας, παραβίαση επιχειρησιακού κανόνα, μεταβολή δεδομένων ή εμφάνιση μιας επιχειρησιακής κατάστασης που δεν είχε προβλεφθεί κατά τον σχεδιασμό. Η φύση αυτή των εξαιρέσεων καταδεικνύει έναν βασικό περιορισμό των παραδοσιακών Workflow Management Systems: όσο λεπτομερές και αν είναι ένα μοντέλο διαδικασίας, δεν είναι πάντοτε εφικτό να προβλεφθούν εκ των προτέρων όλες οι πιθανές συνθήκες που μπορεί να εμφανιστούν κατά την πραγματική λειτουργία ενός οργανισμού (Reichert & Dadam, 1998; Adams et al., 2007; Dumas et al., 2018).

Από την άποψη του χρόνου ενεργοποίησης, το Exception Handling εντάσσεται κυρίως στη reactive adaptation, καθώς ο μηχανισμός προσαρμογής ενεργοποιείται όταν έχει ήδη εμφανιστεί ή διαπιστωθεί μια απόκλιση από την αναμενόμενη συμπεριφορά. Η αντιδραστική αυτή φύση το διαφοροποιεί από την Predictive Adaptation, όπου το σύστημα επιχειρεί να εκτιμήσει μια πιθανή μελλοντική απόκλιση και να παρέμβει πριν αυτή εκδηλωθεί. Ωστόσο, η έννοια της reactive adaptation δεν συνεπάγεται απαραίτητα χαμηλό βαθμό αυτοματοποίησης. Αντίθετα, η βιβλιογραφία αποτυπώνει μια σταδιακή μετάβαση από

μηχανισμούς στους οποίους η αντιμετώπιση της εξαίρεσης βασίζεται κυρίως στην ανθρώπινη παρέμβαση προς προσεγγίσεις στις οποίες το πληροφοριακό σύστημα μπορεί να εντοπίζει και να υλοποιεί αυτόματα κατάλληλες ενέργειες αποκατάστασης.

Για τις ανάγκες της παρούσας επισκόπησης, η κατηγορία Exception Handling διακρίνεται σε δύο βασικές υποκατηγορίες. Η πρώτη αφορά το Dynamic Exception Handling, στο οποίο μηχανισμοί αντιμετώπισης μπορούν να επιλέγονται ή να επεκτείνονται κατά τον χρόνο εκτέλεσης, χωρίς να απαιτείται πλήρης επανασχεδίαση της διαδικασίας. Η δεύτερη αφορά το Automatic Process Repair, όπου η διαδικασία αποκατάστασης αυτοματοποιείται σε μεγαλύτερο βαθμό και το σύστημα επιχειρεί να προσδιορίσει μια κατάλληλη σειρά διορθωτικών ενεργειών ώστε η επιχειρησιακή περίπτωση να επανέλθει σε συνεπή και εκτελέσιμη κατάσταση.

Η διάκριση μεταξύ των δύο υποκατηγοριών είναι σημαντική. Στο Dynamic Exception Handling, το κύριο ζητούμενο είναι η επέκταση της δυνατότητας αντίδρασης του συστήματος πέρα από τις στατικές exception handlers που έχουν οριστεί κατά το χρόνο σχεδίασης/μοντελοποίησης. Αντίθετα, στο Automatic Process Repair το ερευνητικό ενδιαφέρον μετατοπίζεται από την επιλογή ενός διαθέσιμου χειριστή εξαίρεσης προς την αυτόματη σύνθεση ή επιλογή μιας λύσης αποκατάστασης με βάση την κατάσταση της διαδικασίας. Επομένως, η δεύτερη υποκατηγορία χαρακτηρίζεται από υψηλότερο βαθμό αυτονομίας του συστήματος.

Η εξέλιξη αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία για τα Adaptive Process-Aware Information Systems, καθώς μειώνει την ανάγκη διακοπής της διαδικασίας και περιορίζει την εξάρτηση από χειροκίνητες παρεμβάσεις. Παράλληλα όμως δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις ως προς τη διατήρηση της ορθότητας. Μια αυτόματη ενέργεια αποκατάστασης δεν αρκεί να επιλύει το άμεσο πρόβλημα· πρέπει επίσης να διασφαλίζει ότι η νέα κατάσταση της διαδικασίας παραμένει συμβατή με τις λογικές εξαρτήσεις, τους επιχειρησιακούς κανόνες και τις απαιτήσεις συνέπειας του process model (Weber et al., 2008; Rinderle-Ma et al., 2013).

Συνολικά, το Exception Handling αποτυπώνει μία κρίσιμη διάσταση της προσαρμογής επιχειρησιακών διαδικασιών: την ικανότητα ενός συστήματος να συνεχίζει τη λειτουργία του όταν η πραγματική εκτέλεση αποκλίνει από το προβλεπόμενο μοντέλο. Οι επόμενες δύο υποενοότητες αναλύουν αντιπροσωπευτικές προσεγγίσεις αυτής της κατηγορίας. Αρχικά παρουσιάζεται το Dynamic and Extensible Exception Handling for Workflows, το οποίο επικεντρώνεται στην ευέλικτη και επεκτάσιμη διαχείριση εξαιρέσεων, και στη συνέχεια το Automated Runtime Repair of Business Processes, το οποίο προχωρά προς περισσότερο αυτοματοποιημένους μηχανισμούς αποκατάστασης

4.3.1 Dynamic and Extensible Exception Handling for Workflows

Μία από τις αντιπροσωπευτικότερες προσεγγίσεις της υποκατηγορίας Dynamic Exception Handling είναι η εργασία των Adams, ter Hofstede, Edmond και van der Aalst (2007), Dynamic and Extensible Exception Handling for Workflows: A Service-Oriented Implementation. Η προσέγγιση αναπτύχθηκε με στόχο να αντιμετωπίσει έναν βασικό περιορισμό των συμβατικών workflow systems: την εξάρτησή τους από exception handlers που έχουν οριστεί εκ των προτέρων και επομένως μπορούν να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά μόνο καταστάσεις που είχαν προβλεφθεί κατά τη φάση σχεδιασμού.

Η βασική συνεισφορά της προσέγγισης είναι η θεώρηση του χειρισμού εξαιρέσεων ως δυναμικά επεκτάσιμης λειτουργίας και όχι ως στατικού τμήματος του process model. Η λογική αυτή επιτρέπει την προσθήκη ή επιλογή μηχανισμών αντιμετώπισης κατά τον χρόνο εκτέλεσης, παρέχοντας μεγαλύτερη ευελιξία όταν εμφανίζονται γεγονότα που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω των αρχικών exception-handling rules. Με αυτόν τον τρόπο, η διαδικασία δεν απαιτεί απαραίτητα πλήρη διακοπή και επανασχεδιασμό κάθε φορά που προκύπτει μια νέα κατηγορία εξαίρεσης (Adams et al., 2007).

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της εργασίας αποτελεί η service-oriented implementation της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής. Οι λειτουργίες χειρισμού εξαιρέσεων μπορούν να υλοποιούνται ως υπηρεσίες και να αξιοποιούνται δυναμικά από το workflow environment ανάλογα με τις ανάγκες της εκτέλεσης. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει την επαναχρησιμοποίηση των μηχανισμών αποκατάστασης και επιτρέπει μεγαλύτερη αποσύνδεση μεταξύ του βασικού μοντέλου διαδικασίας και της λογικής αντιμετώπισης των εξαιρέσεων.

Σε σχέση με παραδοσιακούς μηχανισμούς exception handling, η προσέγγιση προσφέρει δύο ουσιαστικά πλεονεκτήματα. Πρώτον, περιορίζει την ανάγκη να ενσωματωθούν στο αρχικό workflow model όλες οι πιθανές αποκλίσεις και οι αντίστοιχες ενέργειες ανάκαμψης. Δεύτερον, καθιστά δυνατή την επέκταση του συστήματος κατά τη λειτουργία του, όταν εμφανίζονται νέες μορφές εξαιρέσεων ή νέοι διαθέσιμοι μηχανισμοί αντιμετώπισης. Η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε δυναμικά επιχειρησιακά περιβάλλοντα, όπου η πλήρης πρόβλεψη των πιθανών καταστάσεων κατά το design time είναι πρακτικά ανέφικτη (Adams et al., 2007; Reichert & Weber, 2012).

Ωστόσο, η αυξημένη ευελιξία δεν καταργεί την ανάγκη ελέγχου. Ο δυναμικός χειρισμός μιας εξαίρεσης πρέπει να διασφαλίζει ότι η επιλεγμένη ενέργεια δεν δημιουργεί νέα ασυνέπεια ή αδιέξοδο στο process instance. Για τον λόγο αυτό, η προσέγγιση πρέπει να εξετάζεται στο ευρύτερο πλαίσιο της έρευνας για adaptive workflows, όπου η δυνατότητα αλλαγής συνδέεται άμεσα με μηχανισμούς correctness checking και consistency preservation (Reichert & Dadam, 1998; Weber et al., 2008; Rinderle-Ma et al., 2013).

Από την οπτική της προτεινόμενης κατηγοριοποίησης της παρούσας εργασίας, η συγκεκριμένη προσέγγιση αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα reactive adaptation. Το σύστημα δεν επιχειρεί να προβλέψει την απόκλιση πριν αυτή εμφανιστεί· αντίθετα, ενεργοποιεί μηχανισμούς αντιμετώπισης όταν διαπιστωθεί η εξαίρεση. Παράλληλα, όμως, διαφοροποιείται από τις απλές στατικές τεχνικές exception handling επειδή επιτρέπει μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα κατά τον χρόνο εκτέλεσης.

Ο βασικός περιορισμός της προσέγγισης είναι ότι η επιτυχία της εξακολουθεί να εξαρτάται από την ύπαρξη κατάλληλου μηχανισμού ή υπηρεσίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της εξαίρεσης. Σε ιδιαίτερα σύνθετες ή πρωτόγνωρες καταστάσεις, όπου δεν υπάρχει διαθέσιμο recovery mechanism, μπορεί να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση ή πιο προηγμένος μηχανισμός αυτόματης σύνθεσης λύσης. Το κενό αυτό οδηγεί φυσικά στην επόμενη υποκατηγορία, το Automatic Process Repair.

Συνολικά, η εργασία των Adams et al. (2007) αποτελεί σημαντικό βήμα στη μετάβαση από τους στατικούς προς τους δυναμικούς μηχανισμούς χειρισμού εξαιρέσεων. Η κύρια συνεισφορά της είναι η αποσύνδεση του exception handling από μια αποκλειστικά προκαθορισμένη λογική και η δυνατότητα δυναμικής επέκτασης των μηχανισμών αντιμετώπισης κατά την εκτέλεση. Η προσέγγιση αυτή δημιουργεί το

απαραίτητο ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ των παραδοσιακών exception handlers και των περισσότερο αυτόνομων μηχανισμών Automated Runtime Repair.

4.3.2 Automated Runtime Repair of Business Processes

Η αυτοματοποιημένη επιδιόρθωση επιχειρησιακών διαδικασιών (Automatic Process Repair) αποτελεί περισσότερο εξελιγμένη μορφή reactive adaptation, καθώς επιδιώκει όχι μόνο την αναγνώριση μιας εξαίρεσης αλλά και την αυτόματη παραγωγή κατάλληλης ενέργειας αποκατάστασης. Αντιπροσωπευτική εργασία της κατηγορίας αποτελεί η προσέγγιση των van Beest et al. (2012), Automated Runtime Repair of Business Processes, η οποία εξετάζει πώς ένα πληροφοριακό σύστημα μπορεί να επαναφέρει δυναμικά μια διαδικασία σε κατάλληλη κατάσταση όταν η πραγματική της εκτέλεση αποκλίνει από την επιθυμητή.

Η ανάγκη για automated runtime repair προκύπτει από έναν βασικό περιορισμό των συμβατικών exception-handling mechanisms. Η ύπαρξη προκαθορισμένων recovery rules ή δυναμικά επεκτάσιμων exception handlers δεν εγγυάται ότι θα υπάρχει πάντοτε διαθέσιμη λύση για κάθε πιθανή απόκλιση. Σε σύνθετα περιβάλλοντα, ο αριθμός και ο συνδυασμός των πιθανών καταστάσεων μπορεί να είναι τόσο μεγάλος ώστε η χειροκίνητη μοντελοποίηση όλων των πιθανών ενεργειών αποκατάστασης να καθίσταται πρακτικά ανέφικτη. Το ίδιο το υπάρχον κείμενο της διπλωματικής επισημαίνει ότι η αποτελεσματικότητα των δυναμικών exception-handling mechanisms μειώνεται όταν οι εξαιρέσεις είναι σύνθετες, απρόβλεπτες ή δεν αντιστοιχούν σε προκαθορισμένα recovery scenarios (van Beest et al., 2012; Reichert & Weber, 2012).

Η βασική ιδέα της Automated Runtime Repair είναι ότι το σύστημα μπορεί να προσδιορίσει δυναμικά μια σειρά διορθωτικών ενεργειών που γεφυρώνει την απόσταση μεταξύ της τρέχουσας κατάστασης και μιας κατάστασης στην οποία η διαδικασία μπορεί να συνεχίσει με ορθό τρόπο. Η επιδιόρθωση επομένως αντιμετωπίζεται ως πρόβλημα σχεδιασμού μιας εναλλακτικής πορείας εκτέλεσης, και όχι απλώς ως εκτέλεση ενός προκαθορισμένου exception handler.

Η προσέγγιση αυτή αυξάνει σημαντικά τον βαθμό αυτοματοποίησης του exception handling. Στο Dynamic Exception Handling, το σύστημα μπορεί να επιλέγει ή να φορτώνει δυναμικά μηχανισμούς αντιμετώπισης, αλλά η διαθέσιμη λύση εξακολουθεί κατά κανόνα να έχει καθοριστεί εκ των προτέρων σε κάποια μορφή. Στην Automated Runtime Repair, αντίθετα, η εστίαση μεταφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να συνθέτει ή να εντοπίζει αυτόματα μια κατάλληλη ακολουθία ενεργειών με βάση την πραγματική κατάσταση του process instance.

Από επιχειρησιακή άποψη, το σημαντικότερο όφελος είναι η ενίσχυση της συνέχειας της λειτουργίας. Όταν μια διαδικασία μπορεί να αποκατασταθεί χωρίς εκτεταμένη χειροκίνητη παρέμβαση, μειώνεται ο χρόνος αδράνειας και περιορίζεται η πιθανότητα οριστικής αποτυχίας μιας επιχειρησιακής περίπτωσης. Παράλληλα, η προσέγγιση αυξάνει την ικανότητα του συστήματος να αντιμετωπίζει μη προβλεπόμενες καταστάσεις χωρίς να απαιτείται πλήρης μοντελοποίηση κάθε πιθανού recovery path κατά το design time.

Ωστόσο, η αυτοματοποίηση της επιδιόρθωσης δημιουργεί αυξημένες απαιτήσεις ως προς την ορθότητα και την ασφάλεια της προτεινόμενης λύσης. Το γεγονός ότι μια ακολουθία ενεργειών μπορεί να οδηγήσει τεχνικά τη διαδικασία σε εκτελέσιμη κατάσταση δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η λύση είναι επιχειρησιακά αποδεκτή. Η αποκατάσταση πρέπει να σέβεται τους κανόνες της διαδικασίας, τις εξαρτήσεις δεδομένων, τους περιορισμούς συμμόρφωσης και τις οργανωσιακές πολιτικές. Η ανάγκη αυτή συνδέει το Automated Runtime Repair με το ευρύτερο ερευνητικό πρόβλημα της διατήρησης συνέπειας στα adaptive PAIS (Weber et al., 2008; Rinderle-Ma et al., 2013).

Επιπλέον, η προσέγγιση παραμένει reactive. Παρότι η αντίδραση στην εξαίρεση είναι περισσότερο αυτόματη και ευφυής από ό,τι στις προηγούμενες τεχνικές, η διαδικασία αποκατάστασης ενεργοποιείται αφού έχει ήδη εμφανιστεί η απόκλιση. Αυτό αποτελεί τη βασική διαφορά από την Predictive Adaptation που εξετάζεται στην επόμενη κύρια κατηγορία του κεφαλαίου, όπου ο στόχος είναι η πρόβλεψη της ανεπιθύμητης κατάστασης και η ενεργοποίηση της προσαρμογής πριν εκδηλωθεί το πρόβλημα.

Σε σύγκριση με το Case Handling, η Automated Runtime Repair αντιπροσωπεύει επίσης διαφορετική φιλοσοφία. Στο Case Handling η προσαρμοστικότητα προκύπτει από την ευελιξία του χρήστη και την αξιοποίηση των δεδομένων της υπόθεσης. Στην Automated Runtime Repair το βάρος μεταφέρεται στο ίδιο το πληροφοριακό σύστημα, το οποίο αναλαμβάνει μεγαλύτερο μέρος της διαδικασίας εντοπισμού και υλοποίησης της διορθωτικής ενέργειας. Οι δύο προσεγγίσεις είναι επομένως συμπληρωματικές και όχι ανταγωνιστικές.

Συνολικά, η εργασία των van Beest et al. (2012) σηματοδοτεί σημαντική εξέλιξη στην κατηγορία Exception Handling, επειδή μεταφέρει το πεδίο από την ευέλικτη διαχείριση προκαθορισμένων ή επεκτάσιμων recovery mechanisms προς την αυτοματοποιημένη επίλυση προβλημάτων κατά τον χρόνο εκτέλεσης. Η συνεισφορά αυτή αποτελεί σημαντικό βήμα στην εξέλιξη των Adaptive BPMS προς μεγαλύτερη αυτονομία, διατηρώντας ωστόσο τον βασικό reactive χαρακτήρα της κατηγορίας.

Στον ακόλουθο πίνακα υπάρχει μία συγκεντρωτική παρουσίαση των δύο αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων Exception Handling

Πίνακας 10. Σύνοψη των δύο αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων της κατηγορίας Exception Handling

Υποκατηγορία	Αντιπροσωπευτική προσέγγιση	Πηγή	Βασικός μηχανισμός	Χρόνος ενεργοποίησης	Αυτοματοποίηση
Dynamic Exception Handling	Dynamic and Extensible Exception Handling for Workflows	Adams et al. (2007)	Δυναμική/επεκτάσιμη επιλογή exception-handling services	Μετά την εμφάνιση εξαίρεσης	Μέτρια
Automatic Process Repair	Automated Runtime Repair of Business Processes	van Beest et al. (2012)	Αυτόματη παραγωγή/επιλογή ενεργειών αποκατάστασης	Μετά την εμφάνιση απόκλισης	Υψηλή

4.4 Predictive Adaptation

Η Predictive Adaptation αποτελεί την τρίτη κατηγορία προσαρμογής και διαφοροποιείται από το Exception Handling επειδή επιδιώκει να ενεργοποιήσει την αλλαγή πριν από την πραγματική εκδήλωση μιας ανεπιθύμητης κατάστασης. Η πρόβλεψη μπορεί να βασίζεται σε δεδομένα εκτέλεσης, παρακολούθηση πολλαπλών επιπέδων και μοντέλα μάθησης. Στο πλαίσιο της βιβλιογραφικής βάσης, η κατεύθυνση υποστηρίζεται από εργασίες για monitoring-driven και cross-layer adaptation, ελαστικό BPM και BPaaS (Guinea et al., 2011; Popescu et al., 2012; Schulte et al., 2015; Kritikos et al., 2017).

Σε αντίθεση με το Dynamic Exception Handling, όπου η απόκλιση έχει ήδη εμφανιστεί, η predictive λογική χρησιμοποιεί την εκτιμώμενη μελλοντική κατάσταση ως σήμα ενεργοποίησης. Το βασικό της πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα προληπτικής ανακατανομής πόρων ή αναδιαμόρφωσης υπηρεσιών. Ο υψηλότερος βαθμός αυτοματοποίησης συνοδεύεται, ωστόσο, από εξάρτηση από την ποιότητα των δεδομένων, από αβεβαιότητα πρόβλεψης και από την ανάγκη ελέγχου της ορθότητας της προτεινόμενης ενέργειας.

4.4.1 Αντιπροσωπευτική Προσέγγιση: Predictive BPaaS Management with Quantum and Neural Computing

Η εργασία των Hedhli, Mezni και Ben Said (2022) αποτελεί αντιπροσωπευτική προσέγγιση της Predictive Adaptation σε περιβάλλον BPaaS. Η πρόταση συνδυάζει τεχνητά νευρωνικά δίκτυα για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του συστήματος με Quantum Genetic Algorithms για την επιλογή κατάλληλων ενεργειών προσαρμογής. Με τον τρόπο αυτό, η προσαρμογή μετατοπίζεται από την αντίδραση μετά την αστοχία προς την πρόβλεψη και την προληπτική διαχείριση.

Ως προς την ευελιξία και τον χρόνο απόκρισης, η προσέγγιση παρέχει υψηλή δυνατότητα έγκαιρης παρέμβασης και υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης. Ως προς τη συνέπεια, όμως, η πρόβλεψη δεν αποτελεί από μόνη της εγγύηση ορθότητας: απαιτούνται περιορισμοί και μηχανισμοί επικύρωσης ώστε η επιλεγμένη αναδιαμόρφωση να μην παραβιάζει επιχειρησιακούς ή τεχνικούς κανόνες. Η κύρια επιστημονική της συνεισφορά είναι επομένως η σύνδεση predictive analytics και optimization με τη διαχείριση BPaaS, ενώ βασικοί περιορισμοί είναι η εξάρτηση από δεδομένα εκπαίδευσης, η υπολογιστική πολυπλοκότητα και η ερμηνευσιμότητα των αποφάσεων (Hedhli et al., 2022).

Πίνακας 11. Σύνοψη αντιπροσωπευτικής προσέγγισης για την κατηγορία Predictive Adaptation

Προσέγγιση / Εργασία	Βασική αρχή	Τύπος προσαρμογής	Κύριο πλεονέκτημα	Βασικός περιορισμός
Hedhli, Mezni και Ben Said (2022), Predictive BPaaS Management with Quantum and Neural Computing	Συνδυασμός τεχνητών νευρωνικών δικτύων με Quantum Genetic Algorithms για την πρόβλεψη συμπεριφοράς ενός BPaaS και την επιλογή κατάλληλης	Predictive adaptation	Υψηλή δυνατότητα έγκαιρης παρέμβασης και υψηλή αυτοματοποίηση	Εξάρτηση από δεδομένα εκπαίδευσης, υπολογιστική πολυπλοκότητα, ερμηνευσιμότητα αποφάσεων

Προσέγγιση Εργασία	Βασική αρχή	Τύπος προσαρμογής	Κύριο πλεονέκτημα	Βασικός περιορισμός
	ενέργειας προσαρμογής			

5

Προσεγγίσεις Εξέλιξης Επιχειρησιακών Διαδικασιών

Η εξέλιξη επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Evolution) αποτελεί βασική διάσταση της σύγχρονης Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διαδικασιών (Business Process Management – BPM), καθώς αφορά την ικανότητα των μοντέλων διαδικασιών να μεταβάλλονται συστηματικά με την πάροδο του χρόνου ώστε να ανταποκρίνονται σε νέες επιχειρησιακές, οργανωσιακές, κανονιστικές ή τεχνολογικές απαιτήσεις. Σε αντίθεση με την προσαρμογή (adaptation), η οποία, όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, επικεντρώνεται κυρίως στην αντιμετώπιση μεταβολών ή αποκλίσεων κατά ή σε άμεση σχέση με την εκτέλεση μιας διαδικασίας, η εξέλιξη αφορά πρωτίστως τη μεταβολή του ίδιου του μοντέλου ή σχήματος της διαδικασίας και τη διαχείριση των συνεπειών αυτής της μεταβολής στις υπάρχουσες και μελλοντικές περιπτώσεις εκτέλεσης (Reichert & Dadam, 1998; Weber et al., 2008; Rinderle-Ma et al., 2013).

Η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, διότι μια αλλαγή σε ένα process schema δεν επηρεάζει κατ' ανάγκη μόνο τις νέες περιπτώσεις που θα δημιουργηθούν μετά την αλλαγή. Σε ένα Process-Aware Information System (PAIS) μπορεί να υπάρχουν ήδη ενεργά process instances, τα οποία έχουν ξεκινήσει την εκτέλεσή τους σύμφωνα με την προηγούμενη μορφή του μοντέλου. Επομένως, ένα από τα κεντρικά προβλήματα της εξέλιξης είναι να προσδιοριστεί όχι μόνο πώς μεταβάλλεται ένα process schema, αλλά και τι συμβαίνει με τα ήδη ενεργά στιγμιότυπα όταν πραγματοποιείται η αλλαγή. Το ζήτημα αυτό συνδέεται άμεσα με τη διατήρηση της συνέπειας, τη συμβατότητα των διαφορετικών καταστάσεων εκτέλεσης και τη δυνατότητα ασφαλούς μετάβασης των ενεργών περιπτώσεων σε ένα τροποποιημένο μοντέλο (Reichert & Weber, 2012; Rinderle-Ma et al., 2013). Η σημασία αυτής της ασφαλούς μετάβασης έχει ήδη επισημανθεί στο θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας εργασίας.

Παράλληλα, η εξέλιξη μιας διαδικασίας δεν συνεπάγεται υποχρεωτικά ότι το προηγούμενο μοντέλο παύει αμέσως να υφίσταται. Σε αρκετές περιπτώσεις είναι αναγκαία η ταυτόχρονη διατήρηση διαφορετικών εκδόσεων μιας διαδικασίας. Παλαιότερα στιγμιότυπα μπορούν να συνεχίζουν την εκτέλεσή τους σύμφωνα με την έκδοση με την οποία δημιουργήθηκαν, ενώ τα νέα στιγμιότυπα ξεκινούν με βάση τη νεότερη έκδοση. Σε άλλες περιπτώσεις, επιδιώκεται η μετάβαση ορισμένων ή όλων των ενεργών στιγμιότυπων στη νέα έκδοση, υπό την προϋπόθεση ότι η μετάβαση μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς παραβίαση των περιορισμών ορθότητας και συνέπειας.

Η συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση της παρούσας εργασίας αντιμετωπίζει την εξέλιξη ως διακριτό ερευνητικό αντικείμενο. Ειδικότερα, το RQ2 αφορά τον εντοπισμό των σημαντικότερων προσεγγίσεων Business Process Evolution, ενώ το RQ3 εξετάζει τον τρόπο κατηγοριοποίησής τους βάσει των χαρακτηριστικών και των μηχανισμών λειτουργίας τους. Για τον λόγο αυτό, και προκειμένου η παρουσίαση των αποτελεσμάτων να ανταποκρίνεται άμεσα στα ερευνητικά ερωτήματα της επισκόπησης, οι προσεγγίσεις που εντοπίστηκαν οργανώνονται στο παρόν κεφάλαιο βάσει του μηχανισμού με τον οποίο πραγματοποιείται και διαχειρίζεται η εξέλιξη.

Με βάση το κριτήριο αυτό, προτείνονται δύο κύριες κατηγορίες: Schema-based Evolution και Version-based Evolution.

Η Schema-based Evolution αφορά προσεγγίσεις στις οποίες η εξέλιξη πραγματοποιείται μέσω άμεσης μεταβολής της δομής του process schema. Στο πλαίσιο αυτής της κατηγορίας μπορούν να διακριθούν τρεις βασικές μορφές. Η πρώτη είναι η Direct Schema Change, όπου το υφιστάμενο schema αντικαθίσταται ή τροποποιείται συνολικά και η αλλαγή αφορά κατά κύριο λόγο τις μελλοντικές εκτελέσεις, χωρίς να απαιτείται μετάπτωση των ήδη ενεργών στιγμιότυπων. Η δεύτερη είναι η Schema Evolution with Instance Migration, όπου η μεταβολή του schema συνοδεύεται από μηχανισμούς ελέγχου και, όπου είναι εφικτό, μετάβασης των ενεργών process instances στο νέο schema. Η τρίτη είναι η Incremental (Operator-based) Evolution, όπου η εξέλιξη δεν αντιμετωπίζεται ως μία μονολιθική αντικατάσταση του μοντέλου, αλλά υλοποιείται μέσω διαδοχικών, ελεγχόμενων και κατά κανόνα ατομικών change operations, όπως εισαγωγή, διαγραφή ή μετακίνηση δραστηριοτήτων και μεταβολή της δομής ελέγχου.

Η δεύτερη κύρια κατηγορία, η Version-based Evolution, αντιμετωπίζει την εξέλιξη μέσα από τη δημιουργία και διαχείριση διαφορετικών εκδόσεων ή παραλλαγών της ίδιας επιχειρησιακής διαδικασίας. Και εδώ μπορούν να διακριθούν τρεις επιμέρους μορφές. Στην Co-existing Versions Evolution, η παλαιά και η νέα έκδοση συνυπάρχουν: τα ήδη ενεργά instances μπορούν να ολοκληρώνονται με την προηγούμενη έκδοση, ενώ οι νέες περιπτώσεις δημιουργούνται βάσει της νέας. Στη Version Migration, οι διαφορετικές εκδόσεις επίσης διατηρούνται, αλλά παρέχεται επιπλέον η δυνατότητα μεταφοράς ενεργών instances (γεγονότων) από την παλαιά στη νέα έκδοση όταν πληρούνται συγκεκριμένες συνθήκες συμβατότητας και ορθότητας. Τέλος, στην Configuration-based Evolution, η μεταβλητότητα ενσωματώνεται στο ίδιο το process model μέσω process variants ή configurable process models, επιτρέποντας τη δημιουργία και εξέλιξη διαφορετικών διαμορφώσεων μιας κοινής οικογένειας διαδικασιών.

5.1 Κατηγοριοποίηση Προσεγγίσεων Εξέλιξης Επιχειρησιακών Διαδικασιών

Η εξέλιξη επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Evolution) αφορά τη συστηματική μεταβολή των μοντέλων διαδικασιών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους, προκειμένου να εξακολουθούν να ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες επιχειρησιακές, οργανωσιακές και τεχνολογικές απαιτήσεις. Σε αντίθεση με την προσαρμογή (adaptation), η οποία εξετάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και αφορά κυρίως την αντιμετώπιση μεταβολών ή αποκλίσεων σε άμεση σχέση με την εκτέλεση μιας διαδικασίας, η εξέλιξη επικεντρώνεται στη μακροχρόνια μεταβολή του ίδιου του process model και στη διαχείριση των συνεπειών που προκαλεί η αλλαγή αυτή στις υπάρχουσες και μελλοντικές περιπτώσεις εκτέλεσης (Reichert & Weber, 2012; Rinderle-Ma et al., 2013).

Η ανάγκη συστηματικής κατηγοριοποίησης των προσεγγίσεων εξέλιξης προκύπτει από το γεγονός ότι η αλλαγή ενός process model μπορεί να πραγματοποιηθεί με σημαντικά διαφορετικούς τρόπους. Μία αλλαγή μπορεί, για παράδειγμα, να αντικαθιστά άμεσα ένα υφιστάμενο process schema, να εφαρμόζεται σταδιακά μέσω επιμέρους change operations, να συνοδεύεται από μετάβαση των ενεργών process instances στο νέο schema ή, εναλλακτικά, να διατηρεί παράλληλα διαφορετικές εκδόσεις της ίδιας διαδικασίας. Επομένως, η έννοια της process evolution δεν αναφέρεται σε έναν μοναδικό μηχανισμό αλλαγής, αλλά σε ένα σύνολο στρατηγικών που διαφοροποιούνται τόσο ως προς τον τρόπο τροποποίησης του μοντέλου όσο και ως προς τη διαχείριση των ενεργών στιγμιοτύπων.

Το πρόβλημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε Process-Aware Information Systems (PAIS), όπου τη στιγμή που ένα process schema μεταβάλλεται μπορεί να υπάρχουν πολλές ενεργές περιπτώσεις οι οποίες έχουν ήδη εκτελέσει ένα τμήμα της προηγούμενης έκδοσης της διαδικασίας. Η αλλαγή επομένως δεν αποτελεί αποκλειστικά πρόβλημα μοντελοποίησης. Δημιουργεί ταυτόχρονα ζητήματα συμβατότητας, συνέπειας, διατήρησης της κατάστασης εκτέλεσης και ασφαλούς μετάβασης από το παλαιό στο νέο μοντέλο. Η υπάρχουσα βιβλιογραφική ανάλυση της διπλωματικής αναγνωρίζει ήδη ως βασικά χαρακτηριστικά της διαχείρισης αλλαγών την ασφαλή μετανάστευση ενεργών περιπτώσεων, τη συνύπαρξη πολλαπλών εκδόσεων και τους μηχανισμούς correctness checking.

Με βάση τα παραπάνω, στην παρούσα επισκόπηση οι προσεγγίσεις εξέλιξης οργανώνονται σε δύο κύριες κατηγορίες: Schema-based Evolution και Version-based Evolution. Το βασικό κριτήριο της διάκρισης είναι το στοιχείο στο οποίο επικεντρώνεται ο μηχανισμός εξέλιξης. Στην πρώτη κατηγορία, το κέντρο βάρους βρίσκεται στη μεταβολή του process schema και στον τρόπο εφαρμογής των αλλαγών πάνω στη δομή της διαδικασίας. Στη δεύτερη, το βασικό ζήτημα είναι η δημιουργία, συνύπαρξη και διαχείριση διαφορετικών εκδόσεων ή παραλλαγών της διαδικασίας.

Η Schema-based Evolution περιλαμβάνει τις προσεγγίσεις στις οποίες η εξέλιξη πραγματοποιείται πρωτίστως μέσω αλλαγής του ίδιου του process schema. Το schema θεωρείται η βασική περιγραφή της δομής και της λογικής της διαδικασίας και επομένως η εξέλιξη εκφράζεται μέσω μετασχηματισμών που επηρεάζουν δραστηριότητες, εξαρτήσεις, συνθήκες, δομές ελέγχου ή άλλες συνιστώσες του μοντέλου.

Στο πλαίσιο της παρούσας κατηγοριοποίησης διακρίνονται τρεις βασικές μορφές Schema-based Evolution: Direct Schema Change, Schema Evolution with Instance Migration και Incremental (Operator-based) Evolution.

Η Direct Schema Change αποτελεί την απλούστερη μορφή εξέλιξης. Το υφιστάμενο process schema μεταβάλλεται ή αντικαθίσταται από μία νέα έκδοση, χωρίς να επιχειρείται αναγκαστικά η μεταφορά των ήδη ενεργών process instances στο νέο μοντέλο. Τα νέα instances μπορούν να δημιουργούνται σύμφωνα με το τροποποιημένο schema, ενώ τα παλαιότερα ολοκληρώνουν την εκτέλεσή τους είτε με βάση την προηγούμενη μορφή είτε σύμφωνα με ειδική πολιτική που καθορίζει το σύστημα. Το πλεονέκτημα της προσέγγισης είναι η σχετική απλότητά της, καθώς αποφεύγεται το ιδιαίτερα σύνθετο πρόβλημα της μετάβασης στιγμιοτύπων που βρίσκονται σε διαφορετικές καταστάσεις εκτέλεσης. Ωστόσο, σε συστήματα με μακρόχρονες διαδικασίες, η λύση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε παρατεταμένη συνύπαρξη παλαιότερων λογικών εκτέλεσης.

Η δεύτερη μορφή είναι η Schema Evolution with Instance Migration. Στην περίπτωση αυτή, η αλλαγή του process schema συνοδεύεται από προσπάθεια μετάβασης των ενεργών process instances από το παλαιό στο νέο μοντέλο. Η διαδικασία αυτή είναι σημαντικά πιο απαιτητική, καθώς πρέπει να εξεταστεί αν η μέχρι τότε εκτέλεση κάθε instance είναι συμβατή με τη νέα δομή. Ένα instance που έχει ήδη εκτελέσει δραστηριότητες οι οποίες καταργούνται, μετακινούνται ή αποκτούν διαφορετικές εξαρτήσεις δεν μπορεί πάντοτε να μεταφερθεί απευθείας στο νέο schema. Απαιτούνται επομένως μηχανισμοί ελέγχου συμβατότητας και συνέπειας, ώστε η μετανάστευση να πραγματοποιείται μόνο όταν δεν δημιουργεί μη έγκυρες ή μη εκτελέσιμες καταστάσεις (Reichert & Weber, 2012; Rinderle-Ma et al., 2013).

Η σημασία του instance migration είναι ήδη εμφανής στο υπάρχον κείμενο της διπλωματικής. Η ανάλυση της προσέγγισης Change Support in Process-Aware Information Systems αναφέρει ρητά την ασφαλή μετανάστευση ενεργών διαδικασιών σε νέες εκδόσεις ως βασικό χαρακτηριστικό των change-support mechanisms. Η ίδια ενότητα συνδέει τους μηχανισμούς correctness checking και dependency control με την ανάπτυξη τεχνικών process schema evolution.

Η τρίτη μορφή είναι η Incremental ή Operator-based Evolution. Στην προσέγγιση αυτή, η αλλαγή του process model δεν αντιμετωπίζεται ως μία ενιαία αντικατάσταση του schema, αλλά ως ακολουθία επιμέρους στοιχειωδών μετασχηματισμών. Τέτοιοι μετασχηματισμοί μπορούν να περιλαμβάνουν την εισαγωγή μιας δραστηριότητας, τη διαγραφή της, τη μετακίνησή της σε διαφορετικό σημείο της διαδικασίας, την αλλαγή εξαρτήσεων ή τη μεταβολή δομών επανάληψης και παράλληλης εκτέλεσης.

Η λογική αυτή συνδέεται άμεσα με την έννοια των change patterns, η οποία χρησιμοποιείται στην εργασία των Weber et al. (2008). Στο υπάρχον κείμενο της διπλωματικής, τα change patterns περιγράφονται ως τυποποιημένοι μετασχηματισμοί που οργανώνουν συχνές αλλαγές, όπως η εισαγωγή, διαγραφή και μετακίνηση δραστηριοτήτων ή η τροποποίηση της control-flow structure. Επομένως, η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί ιδιαίτερα κατάλληλη αντιπροσωπευτική προσέγγιση για την κατηγορία Incremental/Operator-based Evolution.

Το βασικό πλεονέκτημα της incremental evolution είναι ότι οι αλλαγές μπορούν να πραγματοποιούνται με πιο ελεγχόμενο και συστηματικό τρόπο. Παράλληλα, η τυποποίηση των operators διευκολύνει τον έλεγχο

ορθότητας, την επαναχρησιμοποίηση αλλαγών και την καταγραφή της ιστορίας εξέλιξης του process model. Ο περιορισμός της είναι ότι μία σύνθετη οργανωσιακή αλλαγή μπορεί να απαιτεί μεγάλο αριθμό διαδοχικών operations και αντίστοιχα σύνθετη διαχείριση των αλληλεπιδράσεών τους.

Η δεύτερη κύρια κατηγορία είναι η Version-based Evolution, όπου η εξέλιξη δεν αντιμετωπίζεται αποκλειστικά ως μεταβολή ενός μοναδικού process schema αλλά ως διαχείριση διαφορετικών εκδόσεων ή παραλλαγών της ίδιας διαδικασίας. Η λογική αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε πραγματικά οργανωσιακά περιβάλλοντα, στα οποία η άμεση αντικατάσταση μιας έκδοσης από μία άλλη δεν είναι πάντοτε εφικτή ή επιθυμητή.

Η πρώτη μορφή είναι η Co-existing Versions Evolution. Στην περίπτωση αυτή δημιουργείται μια νέα έκδοση του process model, χωρίς όμως να καταργείται αμέσως η προηγούμενη. Τα instances που έχουν ήδη ξεκινήσει μπορούν να συνεχίζουν σύμφωνα με την παλαιά έκδοση, ενώ τα νέα instances δημιουργούνται σύμφωνα με τη νέα. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται το πρόβλημα υποχρεωτικής μετάβασης ενεργών περιπτώσεων που ενδέχεται να μην είναι συμβατές με το νέο μοντέλο.

Η συνύπαρξη εκδόσεων μειώνει τον κίνδυνο αποτυχίας της μετάβασης αλλά δημιουργεί άλλου τύπου πολυπλοκότητα. Το πληροφοριακό σύστημα πρέπει να γνωρίζει με ποια έκδοση σχετίζεται κάθε instance, να διατηρεί ιστορικό των διαφορετικών schemas και να υποστηρίζει παράλληλα διαφορετικές λογικές εκτέλεσης. Το υπάρχον κείμενο της εργασίας αναγνωρίζει ήδη τη «συνύπαρξη πολλαπλών εκδόσεων της ίδιας διαδικασίας χωρίς να διαταράσσεται η επιχειρησιακή λειτουργία» ως σημαντικό change-support feature.

Η δεύτερη μορφή είναι η Version Migration. Εδώ επίσης υπάρχουν παλαιές και νέες εκδόσεις, αλλά το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς ενός ενεργού instance από την παλαιά στη νέα έκδοση εφόσον πληρούνται συγκεκριμένες συνθήκες. Σε αντίθεση με μια καθολική schema migration, η μετάβαση μπορεί να γίνεται επιλεκτικά, ανάλογα με την κατάσταση κάθε instance και τη συμβατότητά του με τη νεότερη έκδοση.

Η Version Migration δημιουργεί έναν συμβιβασμό μεταξύ δύο άκρων: της πλήρους συνύπαρξης, όπου κανένα ενεργό instance δεν μεταφέρεται, και της καθολικής migration, όπου επιχειρείται η μετάβαση όλων. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα μπορεί να επιτρέπει migration μόνο στις περιπτώσεις όπου η ήδη εκτελεσμένη συμπεριφορά δεν παραβιάζει το νέο process schema. Η δυνατότητα αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν υπάρχουν μακρόχρονες επιχειρησιακές διαδικασίες, καθώς η αναμονή μέχρι την ολοκλήρωση όλων των παλαιών instances μπορεί να καταστήσει την εφαρμογή της νέας έκδοσης υπερβολικά αργή.

Η τρίτη μορφή είναι η Configuration-based Evolution, η οποία βασίζεται στη διαχείριση process variants. Αντί κάθε διαφορετική επιχειρησιακή απαίτηση να οδηγεί στη δημιουργία ενός εντελώς ανεξάρτητου process model, μπορεί να διατηρείται ένα κοινό ή configurable model από το οποίο προκύπτουν διαφορετικές παραλλαγές. Οι παραλλαγές μπορούν να εκφράζουν, για παράδειγμα, διαφοροποιήσεις μεταξύ οργανωσιακών μονάδων, γεωγραφικών περιοχών, κανονιστικών πλαισίων ή κατηγοριών πελατών.

Η configuration-based λογική μεταφέρει επομένως μέρος της πολυπλοκότητας από τη διαχείριση ανεξάρτητων process versions προς τη διαχείριση μιας οικογένειας σχετιζόμενων process variants. Το πλεονέκτημα είναι η επαναχρησιμοποίηση κοινών τμημάτων και η συστηματικότερη διαχείριση της μεταβλητότητας. Ωστόσο, όσο αυξάνεται ο αριθμός των configuration options και των πιθανών συνδυασμών, τόσο αυξάνεται και η ανάγκη ελέγχου της συνέπειας των παραγόμενων variants.

Υποκατηγορία	Ενδεικτικές προσεγγίσεις	Κύριο ζήτημα
Direct Schema Change	Casati et al. (1998); Ellis et al. (1995)	Μεταβολή του schema κυρίως για νέες εκτελέσεις
Schema Evolution with Instance Migration	Rinderle et al. (2004); Reichert & Dadam (1998)	Ασφαλής/επιλεκτική μετάβαση ενεργών στιγμιοτύπων
Incremental / Operator-based Evolution	Weber et al. (2007, 2008); Minor et al. (2007)	Τυποποιημένες αλλαγές με operators/change patterns

5.2 Schema-based Evolution

Η Schema-based Evolution αποτελεί μία από τις βασικότερες κατηγορίες εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών και αφορά προσεγγίσεις στις οποίες η αλλαγή πραγματοποιείται πρωτίστως μέσω τροποποίησης του ίδιου του μοντέλου ή σχήματος (process schema) που καθορίζει τη δομή και τη συμπεριφορά μιας επιχειρησιακής διαδικασίας. Η ανάγκη για τέτοιους μηχανισμούς προκύπτει από το γεγονός ότι τα process models δεν αποτελούν στατικές κατασκευές, αλλά πρέπει να εξελίσσονται όταν μεταβάλλονται οι επιχειρησιακές απαιτήσεις, οι οργανωσιακές δομές, οι τεχνολογικές υποδομές ή οι κανονιστικοί περιορισμοί (Reichert & Dadam, 1998; Reichert & Weber, 2012; Rinderle-Ma et al., 2013).

Η αλλαγή ενός process schema μπορεί να αφορά διαφορετικά στοιχεία του μοντέλου. Μπορεί, για παράδειγμα, να απαιτείται η προσθήκη ή αφαίρεση μιας δραστηριότητας, η αλλαγή της σειράς εκτέλεσης ορισμένων βημάτων, η εισαγωγή μιας νέας συνθήκης, η μεταβολή μιας δομής παράλληλης εκτέλεσης ή η αναδιοργάνωση ενός μεγαλύτερου τμήματος της διαδικασίας. Κατά συνέπεια, το βασικό ερευνητικό πρόβλημα δεν περιορίζεται στη δυνατότητα τεχνικής τροποποίησης του μοντέλου, αλλά επεκτείνεται στη διασφάλιση ότι το αποτέλεσμα της αλλαγής εξακολουθεί να αποτελεί ένα ορθό και εκτελέσιμο process schema.

Το ζήτημα γίνεται ακόμη πιο σύνθετο όταν η αλλαγή πραγματοποιείται ενώ υπάρχουν ενεργά process instances. Ένα process instance ενδέχεται να έχει ήδη εκτελέσει δραστηριότητες της προηγούμενης μορφής του μοντέλου και επομένως η μετάβασή του στο νέο schema δεν είναι πάντοτε εφικτή. Η βιβλιογραφία γύρω από τα adaptive PAIS έχει για τον λόγο αυτό δώσει ιδιαίτερη έμφαση σε μηχανισμούς consistency checking, correctness preservation και instance migration (Reichert & Weber, 2012; Rinderle-Ma et al., 2013). Η ίδια προβληματική αποτυπώνεται ήδη στην υπάρχουσα διπλωματική, όπου η ασφαλής

μετανάστευση ενεργών διαδικασιών και η διατήρηση της συνέπειας μεταξύ εκδόσεων αντιμετωπίζονται ως θεμελιώδη χαρακτηριστικά του change support.

Με βάση τον τρόπο εφαρμογής της αλλαγής και τη σχέση της με τα ενεργά instances, η Schema-based Evolution διακρίνεται στην παρούσα επισκόπηση σε τρεις επιμέρους μορφές: Direct Schema Change, Schema Evolution with Instance Migration και Incremental (Operator-based) Evolution. Η διάκριση επιτρέπει να αποτυπωθεί η σταδιακή μετάβαση από την απλή αντικατάσταση ενός process schema προς περισσότερο ελεγχόμενους μηχανισμούς εξέλιξης που λαμβάνουν υπόψη την κατάσταση των ενεργών περιπτώσεων και οργανώνουν τις αλλαγές μέσω τυποποιημένων operators.

5.2.1 Direct Schema Change

Η Direct Schema Change αποτελεί την πιο άμεση μορφή schema-based evolution. Βασική της αρχή είναι η τροποποίηση ή αντικατάσταση του υφιστάμενου process schema από ένα νέο μοντέλο που εκφράζει τις επικαιροποιημένες επιχειρησιακές απαιτήσεις. Η νέα μορφή της διαδικασίας χρησιμοποιείται για τις μελλοντικές εκτελέσεις, χωρίς να θεωρείται απαραίτητη η μετάβαση όλων των ήδη ενεργών process instances στο τροποποιημένο schema.

Σε ένα απλό παράδειγμα, ένας οργανισμός μπορεί να μεταβάλει μια διαδικασία έγκρισης προσθέτοντας ένα νέο στάδιο ελέγχου. Μετά την εφαρμογή της schema change, όλες οι νέες περιπτώσεις μπορούν να ακολουθούν το τροποποιημένο μοντέλο, ενώ οι περιπτώσεις που είχαν ήδη ξεκινήσει πριν από την αλλαγή μπορούν να ολοκληρώνονται σύμφωνα με την προηγούμενη λογική. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η ανάγκη να προσδιοριστεί για κάθε ενεργό instance εάν η μέχρι τότε εκτέλεσή του μπορεί να αντιστοιχιστεί με ασφάλεια στη νέα δομή.

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της Direct Schema Change είναι επομένως η σχετική απλότητα της εφαρμογής. Η αλλαγή του μοντέλου δεν συνοδεύεται υποχρεωτικά από το σύνθετο πρόβλημα της μετάβασης των ενεργών περιπτώσεων. Η στρατηγική αυτή μπορεί να είναι επαρκής όταν οι διαδικασίες έχουν μικρή διάρκεια ή όταν ο αριθμός των ενεργών instances είναι περιορισμένος, καθώς η προηγούμενη μορφή του μοντέλου μπορεί σχετικά γρήγορα να πάψει να χρησιμοποιείται.

Ωστόσο, το πλεονέκτημα αυτό αποτελεί ταυτόχρονα βασικό περιορισμό. Σε μακρόχρονες διαδικασίες, η ολοκλήρωση όλων των παλαιών instances μπορεί να απαιτεί σημαντικό χρονικό διάστημα. Κατά τη μεταβατική αυτή περίοδο, ο οργανισμός ενδέχεται να λειτουργεί ταυτόχρονα σύμφωνα με διαφορετικές επιχειρησιακές λογικές. Το πρόβλημα είναι ακόμη σοβαρότερο όταν η αλλαγή προκαλείται από κανονιστική απαίτηση που πρέπει να εφαρμοστεί άμεσα και στα ήδη ενεργά instances.

Η Direct Schema Change πρέπει επομένως να θεωρείται κατάλληλη κυρίως όταν η επιχειρησιακή αλλαγή μπορεί να εφαρμοστεί στις νέες περιπτώσεις χωρίς να είναι αναγκαία η αναδρομική προσαρμογή των παλαιότερων. Όταν αντίθετα απαιτείται η μεταφορά των ενεργών instances στη νέα μορφή της διαδικασίας, χρειάζονται περισσότερο προηγμένοι μηχανισμοί schema evolution.

5.2.2 *Schema Evolution with Instance Migration*

Η Schema Evolution with Instance Migration αντιμετωπίζει ένα από τα δυσκολότερα προβλήματα της εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών: τη δυνατότητα εφαρμογής μιας αλλαγής όχι μόνο στα νέα process instances αλλά, όπου αυτό είναι εφικτό, και στις περιπτώσεις που βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη.

Ας θεωρηθούν ένα αρχικό process schema και μία εξελιγμένη μορφή του. Τη στιγμή της αλλαγής μπορεί να υπάρχουν instances τα οποία έχουν εκτελέσει διαφορετικά τμήματα του. Το βασικό ερώτημα δεν είναι επομένως απλώς εάν το είναι ορθό ως process model, αλλά εάν η ιστορία εκτέλεσης κάθε ενεργού instance είναι συμβατή με το νέο schema. Μόνο όταν η συμβατότητα αυτή μπορεί να διασφαλιστεί είναι ασφαλές να μεταφερθεί η συγκεκριμένη περίπτωση στη νέα έκδοση.

Για παράδειγμα, εάν μια αλλαγή εισάγει μια νέα δραστηριότητα πριν από ένα σημείο που ένα instance έχει ήδη ξεπεράσει, η άμεση μετάβασή του μπορεί να δημιουργήσει σημασιολογικό πρόβλημα. Αντίστοιχα, η διαγραφή μιας δραστηριότητας που έχει ήδη εκτελεστεί ή η αλλαγή των εξαρτήσεων μεταξύ δραστηριοτήτων μπορεί να καταστήσει την υφιστάμενη execution history ασύμβατη με το νέο schema. Η migration πρέπει συνεπώς να λαμβάνει υπόψη όχι μόνο τη δομή του μοντέλου αλλά και την πραγματική κατάσταση κάθε ενεργού process instance.

Για τον λόγο αυτό, οι προσεγγίσεις instance migration συνδέονται στενά με μηχανισμούς correctness checking και consistency preservation. Πριν πραγματοποιηθεί η μετάβαση πρέπει να εξετάζεται εάν το instance μπορεί να συνεχίσει από μία έγκυρη κατάσταση του νέου μοντέλου χωρίς να παραβιάζονται οι control-flow dependencies και οι υπόλοιποι περιορισμοί της διαδικασίας (Reichert & Weber, 2012; Rinderle-Ma et al., 2013).

Το στοιχείο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό και για την υπάρχουσα βιβλιογραφική βάση της διπλωματικής. Στην ανάλυση του Change Support in Process-Aware Information Systems (Weber et al., 2008) αναφέρεται ρητά ότι τα change-support features περιλαμβάνουν την ασφαλή μετανάστευση των ενεργών διαδικασιών σε νέες εκδόσεις. Επιπλέον, το υπάρχον κείμενο συνδέει την επιτυχή διαχείριση αλλαγών με correctness checking, dependency control και ασφαλή migration.

Η συγκεκριμένη στρατηγική παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Επιτρέπει την ταχύτερη εφαρμογή επιχειρησιακών αλλαγών, περιορίζει τον χρόνο κατά τον οποίο διαφορετικές λογικές διαδικασίες λειτουργούν παράλληλα και είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν οι νέες απαιτήσεις πρέπει να εφαρμοστούν και σε ήδη ενεργές περιπτώσεις.

Παράλληλα, όμως, η instance migration αυξάνει σημαντικά την τεχνική πολυπλοκότητα. Δεν είναι δεδομένο ότι όλα τα instances μπορούν να μεταφερθούν. Έτσι, ένα PAIS ενδέχεται να πρέπει να υποστηρίζει επιλεκτική migration: ορισμένα instances μεταφέρονται στο νέο schema, ενώ άλλα συνεχίζουν με το προηγούμενο μοντέλο. Το γεγονός αυτό δημιουργεί φυσική σύνδεση μεταξύ schema-based και version-based evolution, καθώς η αδυναμία καθολικής migration μπορεί να καταστήσει αναγκαία τη συνύπαρξη διαφορετικών process versions.

5.2.3 Incremental (Operator-based) Evolution

Η Incremental ή Operator-based Evolution αντιμετωπίζει την εξέλιξη ενός process schema ως ακολουθία ελεγχόμενων και σαφώς προσδιορισμένων αλλαγών αντί ως μονολιθική αντικατάσταση του μοντέλου. Η βασική αρχή είναι ότι πολλές σύνθετες αλλαγές μπορούν να αναλυθούν σε μικρότερους μετασχηματισμούς, οι οποίοι εφαρμόζονται διαδοχικά στο process model.

Οι στοιχειώδεις change operations μπορούν να περιλαμβάνουν ενέργειες όπως insert activity, delete activity, move activity, μεταβολή της σειράς εκτέλεσης, προσθήκη ή αφαίρεση dependencies και τροποποίηση δομών επιλογής, επανάληψης ή παράλληλης εκτέλεσης. Η ακριβής μορφή των operators εξαρτάται από το process meta-model και τις δυνατότητες του εκάστοτε PAIS.

Η λογική αυτή προσφέρει σημαντικό πλεονέκτημα ως προς την ελεγχόμενη εξέλιξη. Επειδή κάθε operation έχει καθορισμένη σημασιολογία, μπορούν να οριστούν συγκεκριμένες preconditions και postconditions για την εφαρμογή του. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να εξετάζεται εάν μια αλλαγή μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς να καταστρέψει βασικές ιδιότητες του process model.

Η operator-based λογική συνδέεται άμεσα με τα change patterns των Weber et al. (2008). Στην υπάρχουσα έκδοση της διπλωματικής, τα change patterns περιγράφονται ως τυποποιημένα πρότυπα για επαναλαμβανόμενους μετασχηματισμούς, όπως εισαγωγή ή διαγραφή δραστηριοτήτων, μετακίνηση τμημάτων της διαδικασίας, αναδιάταξη της ροής ελέγχου και αλλαγή δομών επανάληψης ή παράλληλης εκτέλεσης.

Η τυποποίηση των αλλαγών έχει επίσης σημαντική αξία για την ιχνηλασιμότητα της εξέλιξης. Αντί να καταγράφονται μόνο δύο διαφορετικές καταστάσεις ενός process model, μπορεί να καταγράφεται η ακολουθία των operations που οδήγησε από την αρχική στην τελική μορφή. Έτσι καθίσταται ευκολότερη η ανάλυση της ιστορίας της διαδικασίας, η επαναχρησιμοποίηση μετασχηματισμών και, όπου υποστηρίζεται, η αναίρεση συγκεκριμένων αλλαγών.

Ωστόσο, η operator-based evolution δεν εξαλείφει τα προβλήματα instance migration και version management. Εάν οι operators εφαρμοστούν σε schema με ενεργά instances, πρέπει και πάλι να εξεταστεί ποια από αυτά μπορούν να μεταφερθούν με ασφάλεια. Αντίστοιχα, εάν ένα instance δεν είναι συμβατό με την ακολουθία των εφαρμοζόμενων αλλαγών, μπορεί να απαιτείται η διατήρηση της προηγούμενης έκδοσης. Εφόσον ένα μοντέλο αλλάζει σταδιακά με βάση προτυπα/βασικές ενέργειες αλλαγής, αυτό σημαίνει πως μπορούμε να έχουμε διαφορετικές εκδόσεις του σχήματος/μοντέλου; Αν ναι, τότε θα έχουμε μετανάστευση μόνο όπου μπορεί να υποστηριχτεί. Αλλά είναι δυνατόν να καλυφθούν περισσότερα ενεργα στιγμιότυπα, τα οποία θα αντιστοιχίζονται σε νέες εκδόσεις του μοντέλου. Από την άλλη, το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να διαχειρίζεται την πολυπλοκότητα όλων αυτών των εκδόσεων.

Συνεπώς, η Incremental Evolution δεν πρέπει να θεωρηθεί ανταγωνιστική προς τις άλλες δύο μορφές schema evolution. Αποτελεί κυρίως διαφορετικό επίπεδο αφαίρεσης ως προς τον τρόπο έκφρασης και εφαρμογής της αλλαγής. Μια schema evolution με instance migration μπορεί ταυτόχρονα να υλοποιείται μέσω incremental change operators.

5.2.4 Αντιπροσωπευτική Προσέγγιση: *Change Support in Process-Aware Information Systems*

Η εργασία των Weber, Rinderle και Reichert (2008), *Change Support in Process-Aware Information Systems – A Pattern-Based Analysis*, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική συνεισφορά στη μελέτη της ευελιξίας και της εξέλιξης των Process-Aware Information Systems. Στο πλαίσιο της κατηγοριοποίησης της παρούσας εργασίας, επιλέγεται ως αντιπροσωπευτική προσέγγιση της Schema-based Evolution και ειδικότερα της Incremental/Operator-based Evolution, επειδή οργανώνει επαναλαμβανόμενες λειτουργίες μεταβολής των process models μέσω τυποποιημένων change patterns.

Η βασική αφετηρία της προσέγγισης είναι ότι η υποστήριξη αλλαγών δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως πρόσθετη ή εξαιρετική λειτουργία ενός PAIS. Αντίθετα, η δυνατότητα διαχείρισης αλλαγών αποτελεί βασική απαίτηση για πληροφοριακά συστήματα που λειτουργούν σε δυναμικά επιχειρησιακά περιβάλλοντα. Η υπάρχουσα ανάλυση της διπλωματικής αποτυπώνει ήδη αυτή τη θέση, επισημαίνοντας τη μετάβαση από στατικά process models προς συστήματα που υποστηρίζουν συστηματικά τη δυναμική διαχείριση αλλαγών.

Κεντρική έννοια της προσέγγισης είναι τα change patterns. Αντί η αξιολόγηση της δυνατότητας αλλαγής ενός PAIS να περιορίζεται στην ερώτηση εάν «υποστηρίζει αλλαγές», οι συγγραφείς αναλύουν ποιες συγκεκριμένες λειτουργίες αλλαγής μπορούν να πραγματοποιηθούν και με ποια χαρακτηριστικά. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ένα περισσότερο συστηματικό πλαίσιο για την περιγραφή και σύγκριση διαφορετικών τεχνολογιών process change.

Τα patterns περιγράφουν επαναλαμβανόμενους μετασχηματισμούς που εμφανίζονται κατά την εξέλιξη επιχειρησιακών διαδικασιών. Η εισαγωγή μιας νέας δραστηριότητας, η διαγραφή μιας υφιστάμενης, η μετακίνησή της σε διαφορετικό σημείο ή η αναδιοργάνωση τμημάτων της control flow δεν αντιμετωπίζονται ως εντελώς ανεξάρτητες ad hoc επεμβάσεις, αλλά ως περιπτώσεις γενικότερων μηχανισμών αλλαγής. Αυτή ακριβώς η τυποποίηση είναι ο λόγος που η προσέγγιση συνδέεται στενά με την operator-based evolution. Η ίδια περιγραφή υπάρχει ήδη στο υλικό της διπλωματικής.

Εξίσου σημαντική συνεισφορά είναι η χρήση των change support features ως κριτηρίων αξιολόγησης. Η ικανότητα ενός PAIS να υποστηρίζει process evolution δεν κρίνεται μόνο από το εάν μπορεί να μεταβάλει ένα process schema. Πρέπει να εξετάζεται εάν οι αλλαγές μπορούν να πραγματοποιηθούν σε διαφορετικά επίπεδα, εάν διατηρείται η συνέπεια, εάν υποστηρίζεται instance migration και εάν μπορούν να συνυπάρχουν διαφορετικές εκδόσεις της ίδιας διαδικασίας. Το υπάρχον κείμενο της εργασίας αναφέρει ρητά αυτά τα χαρακτηριστικά.

Η συγκεκριμένη παρατήρηση είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τη νέα κατηγοριοποίηση του Κεφαλαίου 5. Καταδεικνύει ότι τα όρια μεταξύ Schema-based και Version-based Evolution δεν είναι απόλυτα. Μία ολοκληρωμένη πλατφόρμα change support μπορεί να χρησιμοποιεί operator-based schema transformations, να ελέγχει εάν τα ενεργά instances μπορούν να μεταναστεύσουν και ταυτόχρονα να διατηρεί περισσότερες από μία process versions όταν η migration δεν είναι εφικτή.

Ένα ακόμη κρίσιμο στοιχείο είναι η διατήρηση της ορθότητας. Η ευελιξία ενός PAIS δεν μπορεί να αξιολογηθεί μόνο βάσει του αριθμού των αλλαγών που επιτρέπει. Μια πλατφόρμα που παρέχει απεριόριστη δυνατότητα τροποποίησης χωρίς να ελέγχει τις συνέπειες των αλλαγών μπορεί να δημιουργήσει μη εκτελέσιμα ή σημασιολογικά ασυνεπή process models. Για τον λόγο αυτό, correctness checking, dependency analysis και ασφαλής instance migration αποτελούν αναπόσπαστα στοιχεία ενός ολοκληρωμένου change-support mechanism. Αυτή η σχέση επισημαίνεται ήδη ρητά στο κείμενο της διπλωματικής.

Η προσέγγιση έχει επιπλέον ιδιαίτερη μεθοδολογική αξία επειδή παρέχει ένα κοινό πλαίσιο σύγκρισης διαφορετικών PAIS. Αντί διαφορετικές πλατφόρμες να περιγράφονται αποκλειστικά μέσω των ιδιαίτερων τεχνικών χαρακτηριστικών τους, μπορούν να συγκριθούν ως προς το ποια change patterns και ποια change-support features υποστηρίζουν. Αυτό διευκολύνει τη συστηματική αποτίμηση του πραγματικού βαθμού ευελιξίας που παρέχει κάθε σύστημα.

Παρά τη σημαντική συνεισφορά της, η προσέγγιση δεν επιλύει αυτομάτως το πρόβλημα του προσδιορισμού ποια επιχειρησιακή αλλαγή πρέπει να πραγματοποιηθεί. Τα change patterns οργανώνουν και υποστηρίζουν τον τρόπο υλοποίησης μιας αλλαγής, αλλά η ανάγκη αλλαγής και η επιλογή του επιθυμητού μετασχηματισμού μπορεί να εξακολουθούν να προέρχονται από τον process designer ή από άλλον εξωτερικό μηχανισμό. Η διάκριση αυτή είναι σημαντική, διότι αποτρέπει την ταύτιση του change support με την πλήρως αυτόνομη process evolution.

Η συγκεκριμένη αδυναμία αναγνωρίζεται και στην υπάρχουσα διπλωματική, όπου επισημαίνεται ότι η επιλογή και εφαρμογή των αλλαγών στηρίζεται κυρίως σε προκαθορισμένους κανόνες και ανθρώπινη παρέμβαση και δεν ενσωματώνει εγγενώς σύγχρονους μηχανισμούς αυτόματης πρόβλεψης. Αυτό όμως δεν μειώνει τη σημασία της εργασίας για τη Schema-based Evolution· αντίθετα, αποσαφηνίζει το πρόβλημα που επιχειρεί να επιλύσει.

Συνολικά, η εργασία των Weber et al. (2008) αποτελεί κατάλληλη αντιπροσωπευτική προσέγγιση της Schema-based Evolution επειδή μεταφέρει το ερευνητικό ενδιαφέρον από την απλή δυνατότητα τροποποίησης ενός process model προς τη συστηματική, επαναχρησιμοποιήσιμη και ελεγχόμενη υποστήριξη αλλαγών. Η χρήση change patterns, η εξέταση change-support features και η έμφαση στη διατήρηση της συνέπειας δημιουργούν ένα πλαίσιο στο οποίο η εξέλιξη μπορεί να πραγματοποιείται σταδιακά χωρίς να αντιμετωπίζεται κάθε αλλαγή ως ανεξάρτητο και ad hoc πρόβλημα.

5.2.5 Συμπληρωματική Αντιπροσωπευτική Προσέγγιση Schema-based Evolution: Amoeba Methodology

Η Amoeba Methodology των Desai, Chopra και Singh (2009) εντάσσεται καταλλήλότερα στη Schema-based Evolution, επειδή το κέντρο βάρους της βρίσκεται στη σταδιακή μοντελοποίηση και εξέλιξη δια-οργανωσιακών επιχειρησιακών διαδικασιών και όχι σε έναν εξειδικευμένο μηχανισμό διαχείρισης εκδόσεων ή migration. Λειτουργεί συμπληρωματικά προς την pattern-based προσέγγιση των Weber et al. (2008), αναδεικνύοντας την οργανωσιακή και επαναληπτική διάσταση της μεταβολής του process model.

Η μεθοδολογία αντιμετωπίζει την εξέλιξη ως επαναλαμβανόμενο κύκλο μάθησης, ανατροφοδότησης και αναθεώρησης του μοντέλου. Η γνώση που αποκτάται από τη συνεργασία των συμμετεχόντων και από την πραγματική λειτουργία της διαδικασίας ενσωματώνεται σταδιακά στη νέα μορφή του μοντέλου. Με αυτή την έννοια, η Amoeba υποστηρίζει κυρίως την ελεγχόμενη εξέλιξη του schema και όχι τη διαχείριση πολλαπλών process versions ως αυτοτελές τεχνικό πρόβλημα.

Η επιστημονική της αξία για την παρούσα κατηγορία είναι ότι συμπληρώνει τις αυστηρότερα τεχνικές προσεγγίσεις schema change: δείχνει ότι η εξέλιξη δεν είναι μόνο σύνολο operators, αλλά και οργανωσιακή διαδικασία κατά την οποία οι αλλαγές αξιολογούνται, αφομοιώνονται και ενσωματώνονται σταδιακά. Περιορισμός της είναι ότι δεν παρέχει το ίδιο επίπεδο τυπικών εγγυήσεων για instance migration και version coexistence με τις εξειδικευμένες προσεγγίσεις PAIS (Desai et al., 2009; Weber et al., 2008).

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην οργανωσιακή γνώση. Οι αλλαγές δεν προκύπτουν αποκλειστικά από τεχνικές αποφάσεις, αλλά από τη συνεργασία διαφορετικών συμμετεχόντων και από την εμπειρία που αποκτάται κατά την πραγματική εκτέλεση των διαδικασιών. Η υπάρχουσα διπλωματική περιγράφει την Amoeba ως προσέγγιση που ενσωματώνει σταδιακά αυτή τη γνώση στα process models και αντιμετωπίζει την εξέλιξη ως μηχανισμό οργανωσιακής μάθησης.

Παρά τα πλεονεκτήματά της, η μεθοδολογία βασίζεται σε σημαντικό βαθμό στην ανθρώπινη αξιολόγηση και δεν παρέχει από μόνη της προηγμένους αυτοματοποιημένους μηχανισμούς migration ή configuration management. Αυτό περιορίζει την άμεση εφαρμογή της ως τεχνικό framework για σύγχρονα μεγάλης κλίμακας PAIS, αλλά δεν μειώνει τη θεωρητική της αξία ως πρώιμη προσέγγιση συστηματικής process evolution.

5.3 Version-based Evolution

Η Version-based Evolution αποτελεί τη δεύτερη βασική κατηγορία εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών και αφορά προσεγγίσεις στις οποίες η αλλαγή δεν αντιμετωπίζεται αποκλειστικά ως τροποποίηση ενός μοναδικού process schema, αλλά ως διαδικασία δημιουργίας, συνύπαρξης και διαχείρισης διαφορετικών εκδόσεων της ίδιας επιχειρησιακής διαδικασίας. Η λογική αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε πληροφοριακά συστήματα όπου η άμεση αντικατάσταση της παλαιάς μορφής μιας διαδικασίας από μία νέα δεν είναι πάντοτε εφικτή ή επιχειρησιακά επιθυμητή.

Η ανάγκη για version-based mechanisms προκύπτει κυρίως από τη χρονική επικάλυψη μεταξύ παλαιών και νέων περιπτώσεων εκτέλεσης. Όταν ένα process model αλλάζει, μπορεί να υπάρχουν ενεργά instances τα οποία έχουν ήδη εκτελέσει σημαντικό τμήμα της προηγούμενης έκδοσης. Η άμεση υποχρεωτική μεταφορά όλων των περιπτώσεων στη νέα έκδοση ενδέχεται να δημιουργήσει προβλήματα συνέπειας, ενώ η πλήρης εγκατάλειψη της προηγούμενης έκδοσης μπορεί να είναι πρακτικά αδύνατη. Για τον λόγο αυτό, τα σύγχρονα PAIS πρέπει συχνά να διατηρούν ιστορικό διαφορετικών process versions και να γνωρίζουν σε ποια έκδοση ανήκει κάθε ενεργό instance.

Στο πλαίσιο της παρούσας κατηγοριοποίησης, η Version-based Evolution διακρίνεται σε τρεις επιμέρους μορφές: Co-existing Process Versions, Version Migration και Configuration-based Evolution μέσω Process Variants. Οι τρεις μορφές διαφοροποιούνται ως προς τον τρόπο με τον οποίο σχετίζονται οι ενεργές περιπτώσεις εκτέλεσης με τις διαφορετικές εκδόσεις του process model.

Πίνακας 12. Προσεγγίσεις Version-based Evolution

Υποκατηγορία	Προσεγγίσεις	Κύριο ζήτημα
Co-existing Process Versions	van der Aalst & Basten (2002)	Παράλληλη λειτουργία παλαιών και νέων εκδόσεων
Version Migration	Weber et al. (2005); Rinderle et al. (2004)	Επιλεκτική μετάβαση ενεργών στιγμιότυπων
Configuration-based Evolution	Lu & Sadiq (2006, 2007); La Rosa & Mendling (2008); Yongsiriwit et al. (2016)	Διαχείριση οικογενειών παραλλαγών και επιτρεπτών διαμορφώσεων

5.3.1 Co-existing Process Versions

Η Co-existing Versions Evolution βασίζεται στην παράλληλη διατήρηση της παλαιάς και της νέας έκδοσης μιας επιχειρησιακής διαδικασίας. Όταν δημιουργείται μια νέα process version, τα ήδη ενεργά instances δεν μεταφέρονται υποχρεωτικά στη νέα μορφή. Αντίθετα, μπορούν να συνεχίσουν και να ολοκληρώσουν την εκτέλεσή τους με βάση την έκδοση με την οποία ξεκίνησαν, ενώ τα νέα instances δημιουργούνται σύμφωνα με το νεότερο process model.

Η στρατηγική αυτή περιορίζει έναν από τους σημαντικότερους κινδύνους της process evolution: την υποχρεωτική μετάβαση ενός instance σε ένα schema με το οποίο η μέχρι τότε execution history του ενδέχεται να μην είναι συμβατή. Εφόσον κάθε instance παραμένει συνδεδεμένο με την έκδοση στην οποία δημιουργήθηκε, δεν απαιτείται άμεσος μετασχηματισμός της κατάστασής του ούτε σύνθετος έλεγχος migration compatibility.

Η ύπαρξη πολλαπλών εκδόσεων, όμως, μεταφέρει την πολυπλοκότητα από τη migration στη διαχείριση του version lifecycle. Το PAIS πρέπει να αποθηκεύει περισσότερα του ενός process schemas, να συσχετίζει κάθε ενεργό instance με τη σωστή έκδοση και να μπορεί να υποστηρίξει διαφορετικές λογικές εκτέλεσης ταυτόχρονα. Παράλληλα, πρέπει να διατηρείται η απαραίτητη ιστορικότητα ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος του ποια έκδοση εφαρμοζόταν σε κάθε χρονική στιγμή.

Η ανάγκη αυτή τεκμηριώνεται άμεσα από το υπάρχον κείμενο της διπλωματικής. Στην ανάλυση των change-support features αναφέρεται ρητά ως απαιτούμενη δυνατότητα η συνύπαρξη πολλαπλών εκδόσεων της ίδιας διαδικασίας χωρίς να διαταράσσεται η επιχειρησιακή λειτουργία.

Η co-existing versions στρατηγική είναι ιδιαίτερα κατάλληλη όταν οι επιχειρησιακές διαδικασίες έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και η άμεση μετάβαση των ενεργών instances δεν είναι αναγκαία. Για παράδειγμα, μια μακροχρόνια διαδικασία σύμβασης μπορεί να συνεχίσει να διέπεται από το μοντέλο που ίσχυε κατά την έναρξή της, ενώ οι νέες συμβάσεις χρησιμοποιούν τη νεότερη έκδοση.

Ωστόσο, η παρατεταμένη συνύπαρξη πολλών versions μπορεί να αυξήσει σημαντικά το κόστος συντήρησης. Διαφορετικές εκδόσεις ενδέχεται να απαιτούν διαφορετικούς επιχειρησιακούς κανόνες, υπηρεσίες ή οργανωσιακές πολιτικές. Συνεπώς, η co-existence είναι ασφαλής ως προς την αποφυγή migration conflicts, αλλά μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη λειτουργική και τεχνική πολυπλοκότητα.

5.3.2 Version Migration

Η Version Migration αποτελεί περισσότερο ενεργή μορφή version-based evolution. Σε αντίθεση με την απλή συνύπαρξη εκδόσεων, όπου κάθε process instance ολοκληρώνει την εκτέλεσή του σύμφωνα με την αρχική του έκδοση, εδώ παρέχεται η δυνατότητα ένα ενεργό instance να μεταφερθεί από μία παλαιότερη process version σε μία νεότερη, εφόσον η μετάβαση θεωρείται επιτρεπτή και ασφαλής.

Η migration αυτή δεν μπορεί να πραγματοποιείται μηχανικά. Κάθε instance βρίσκεται σε συγκεκριμένη execution state και έχει ήδη παράγει μια history δραστηριοτήτων, δεδομένων και αποφάσεων. Συνεπώς, πρέπει να εξεταστεί εάν το συγκεκριμένο ιστορικό μπορεί να αντιστοιχιστεί σε έγκυρη κατάσταση της νέας έκδοσης. Εάν η νέα version εισάγει, διαγράφει ή αναδιατάσσει δραστηριότητες που σχετίζονται με όσα έχουν ήδη εκτελεστεί, μπορεί να μην υπάρχει ασφαλής αντιστοίχιση.

Για τον λόγο αυτό, η Version Migration συνδέεται άμεσα με τους μηχανισμούς correctness checking, consistency preservation και compatibility assessment. Η υπάρχουσα διπλωματική ήδη αναγνωρίζει ότι η ασφαλής instance migration αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της διαχείρισης αλλαγών και ότι η μετάβαση από μία παλαιά σε μία νέα έκδοση πρέπει να πραγματοποιείται χωρίς να παραβιάζεται η λογική συνέπεια του process model.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της Version Migration είναι ότι μπορεί να είναι επιλεκτική. Δεν είναι απαραίτητο όλα τα ενεργά process instances να μεταφέρονται στη νέα version. Τα instances που βρίσκονται σε συμβατή κατάσταση μπορούν να migrate, ενώ εκείνα των οποίων η execution history δεν είναι συμβατή μπορούν να παραμείνουν στην προηγούμενη έκδοση ή να γίνει η μετάβασή τους με χειρωνακτικό τρόπο εφόσον κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο. Με αυτόν τον τρόπο συνδυάζονται τα πλεονεκτήματα της migration με την ασφάλεια της co-existence.

Η επιλεκτική αυτή λογική δημιουργεί μια σημαντική σύνδεση μεταξύ Schema-based και Version-based Evolution. Η migration μπορεί να αποτελεί συνέπεια μιας schema change, αλλά η διαχείριση των instances που δεν μπορούν να μεταφερθούν απαιτεί version-management capabilities. Στην πράξη, επομένως, τα δύο είδη evolution συχνά λειτουργούν συμπληρωματικά.

Το βασικό πλεονέκτημα της Version Migration είναι ότι επιτρέπει την ταχύτερη διάδοση μιας νέας process version στα ενεργά instances και περιορίζει το χρονικό διάστημα κατά το οποίο διαφορετικές εκδόσεις πρέπει να υποστηρίζονται παράλληλα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν η αλλαγή αφορά κανονιστικές απαιτήσεις ή κρίσιμες επιχειρησιακές διορθώσεις που είναι επιθυμητό να εφαρμοστούν και σε ήδη ενεργές περιπτώσεις.

Ο βασικός περιορισμός είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα του compatibility checking. Όσο μεγαλύτερες είναι οι διαφορές μεταξύ δύο process versions και όσο περισσότερο έχει προχωρήσει η εκτέλεση ενός instance, τόσο δυσκολότερο είναι να αποδειχθεί ότι η μετάβαση είναι ορθή και τόσο μικραίνει και η πιθανότητα η μετάβαση να είναι εφικτή (άρα μικρότερος αριθμός από στιγμιότυπα εν τέλει θα μεταναστεύσει). Η Version Migration αποτελεί επομένως μία ισχυρή αλλά αυστηρά ελεγχόμενη στρατηγική process evolution και όχι μια γενική διαδικασία αυτόματης μεταφοράς όλων των ενεργών instances.

5.3.3 Configuration-based Evolution μέσω Process Variants

Η τρίτη μορφή Version-based Evolution είναι η Configuration-based Evolution, στην οποία η μεταβλητότητα και η εξέλιξη μιας επιχειρησιακής διαδικασίας αντιμετωπίζονται μέσω της ύπαρξης διαφορετικών process variants που προκύπτουν από μια κοινή βάση ή οικογένεια διαδικασιών.

Σε αντίθεση με τη λογική όπου κάθε αλλαγή δημιουργεί ένα εντελώς ανεξάρτητο process model, η configuration-based προσέγγιση επιδιώκει να διατηρεί τα κοινά στοιχεία διαφορετικών διαδικασιών σε ένα ενιαίο πλαίσιο και να εκφράζει τις διαφοροποιήσεις τους μέσω συγκεκριμένων configuration choices. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να υποστηρίζονται διαφορετικές οργανωσιακές, γεωγραφικές, κανονιστικές ή επιχειρησιακές παραλλαγές χωρίς να απαιτείται η πλήρης αντιγραφή και ανεξάρτητη συντήρηση κάθε process model.

Η λογική των variants είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε οργανισμούς όπου υπάρχουν πολλές διαδικασίες με κοινή βασική δομή αλλά διαφορετικές τοπικές απαιτήσεις. Για παράδειγμα, μια διαδικασία έγκρισης μπορεί να έχει κοινό πυρήνα για ολόκληρο τον οργανισμό, αλλά διαφορετικά approval steps ανάλογα με τη χώρα, το προϊόν ή το ύψος της συναλλαγής. Η configuration-based evolution επιτρέπει να διατηρείται μία κοινή process family και να δημιουργούνται διαφορετικές επιτρεπόμενες εκδοχές ανάλογα με το επιχειρησιακό πλαίσιο.

Από την οπτική της εξέλιξης, η βασική αξία της προσέγγισης είναι ότι μια αλλαγή μπορεί να εφαρμοστεί είτε στο κοινό τμήμα της οικογένειας είτε μόνο σε συγκεκριμένα variants. Έτσι καθίσταται δυνατή η ελεγχόμενη διάδοση αλλαγών και περιορίζεται η ανάγκη χειροκίνητης ενημέρωσης μεγάλου αριθμού ανεξάρτητων process models και επίσης, αυξάνεται η πιθανότητα μετανάστευσης.

5.3.4 Αντιπροσωπευτική Προσέγγιση *Version-based Evolution: CCBR-driven Business Process Evolution*

Η προσέγγιση CCBR-driven Business Process Evolution των Weber et al. (2005) αποτελεί καταλληλότερη αντιπροσωπευτική επιλογή για τη Version-based Evolution, επειδή αντιμετωπίζει ρητά την εξέλιξη μέσω επαναχρησιμοποίησης προηγούμενων αλλαγών και διαχείρισης της μετάβασης των διαδικασιών. Η case-based λογική επιτρέπει την ανάκτηση και προσαρμογή προηγούμενων περιπτώσεων αλλαγής, ενώ η μεταγενέστερη εργασία για case-base maintenance εξετάζει τη διατήρηση της ποιότητας της γνώσης εξέλιξης (Weber et al., 2005; Weber, Reichert & Wild, 2006).

Σε σχέση με την Amoeba, η CCBR-driven προσέγγιση συνδέεται αμεσότερα με τη διαχείριση εξέλιξης και εκδόσεων σε PAIS: η αλλαγή δεν περιγράφεται μόνο ως οργανωσιακή μάθηση αλλά ως επαναχρησιμοποιήσιμη γνώση που υποστηρίζει τη μετάβαση από υφιστάμενες σε νέες μορφές διαδικασίας. Ωστόσο, η αυτοματοποίηση δεν είναι απόλυτη, καθώς η επιλογή και επικύρωση της αλλαγής εξακολουθούν να απαιτούν έλεγχο συμβατότητας και, σε σύνθετες περιπτώσεις, ανθρώπινη κρίσης.

5.4 Σχέση *Process Evolution* και *Process Flexibility*

Η ευελιξία επιχειρησιακών διαδικασιών (Process Flexibility) συνδέεται άμεσα με την εξέλιξη των επιχειρησιακών διαδικασιών, καθώς εκφράζει την ικανότητα ενός Process-Aware Information System (PAIS) να υποστηρίζει μεταβολές χωρίς να απαιτείται κάθε φορά πλήρης ανασχεδιασμός της διαδικασίας ή διακοπή της επιχειρησιακής λειτουργίας. Ωστόσο, η process flexibility δεν αποτελεί ταυτόσημη έννοια με την process evolution. Η πρώτη περιγράφει τη γενικότερη ικανότητα ενός συστήματος να επιτρέπει διαφορετικές μορφές μεταβολής, ενώ η δεύτερη αναφέρεται ειδικότερα στη συστηματική και μακροχρόνια αλλαγή των process models και στη διαχείριση των διαφορετικών μορφών ή εκδόσεών τους κατά τον κύκλο ζωής της διαδικασίας (Reichert & Weber, 2012; Dumas et al., 2018; Weske, 2019).

Η διάκριση αυτή είναι σημαντική για τη νέα κατηγοριοποίηση του παρόντος κεφαλαίου. Οι Schema-based Evolution και Version-based Evolution περιγράφουν συγκεκριμένους μηχανισμούς μέσω των οποίων εξελίσσεται μια επιχειρησιακή διαδικασία. Αντίθετα, η process flexibility λειτουργεί ως ευρύτερη θεωρητική διάσταση που επιτρέπει να αξιολογηθεί κατά πόσο οι μηχανισμοί αυτοί παρέχουν ελευθερία αλλαγής, διατηρώντας παράλληλα τη συνέπεια, την ελεγχόμενη εκτέλεση και τη λειτουργική συνέχεια.

Η σχέση αυτή γίνεται εμφανής στην περίπτωση της Schema-based Evolution. Η δυνατότητα άμεσης αλλαγής ενός process schema, η ασφαλής μετάβαση ενεργών instances και η εφαρμογή incremental change operators αποτελούν διαφορετικές μορφές ευελιξίας στο επίπεδο του process model. Όσο περισσότερες μορφές αλλαγής υποστηρίζει ένα PAIS και όσο περισσότερο μπορεί να εφαρμόζει τις αλλαγές αυτές χωρίς να παραβιάζει τους περιορισμούς ορθότητας, τόσο υψηλότερος είναι ο βαθμός ευελιξίας που παρέχει. Στην υπάρχουσα διπλωματική, τα change patterns και τα change support features αντιμετωπίζονται ακριβώς ως μηχανισμοί που επιτρέπουν τη συστηματική αξιολόγηση της ευελιξίας ενός PAIS.

Αντίστοιχα, η Version-based Evolution συνδέεται με τη flexibility μέσω της δυνατότητας συνύπαρξης και διαχείρισης διαφορετικών εκδόσεων της ίδιας διαδικασίας. Η υποστήριξη co-existing versions επιτρέπει σε έναν οργανισμό να εισαγάγει μία νέα process version χωρίς να υποχρεώνεται να διακόψει ή να μεταφέρει αμέσως όλες τις ενεργές περιπτώσεις. Η Version Migration αυξάνει περαιτέρω την ευελιξία, επειδή παρέχει τη δυνατότητα επιλεκτικής μετάβασης των instances στη νέα έκδοση όταν αυτό είναι εφικτό. Επομένως, η process flexibility δεν εκφράζεται μόνο ως δυνατότητα αλλαγής της δομής, αλλά και ως ικανότητα διαχείρισης της μετάβασης μεταξύ διαφορετικών καταστάσεων του process lifecycle.

Η βιβλιογραφία αναδεικνύει ότι η ευελιξία είναι πολυδιάστατη και δεν μπορεί να αξιολογηθεί αποκλειστικά με βάση το εάν ένα process model μπορεί να τροποποιηθεί. Η υπάρχουσα ενότητα της διπλωματικής επισημαίνει ότι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ο χρόνος εφαρμογής της αλλαγής, το επίπεδο στο οποίο πραγματοποιείται και ο βαθμός αυτονομίας του πληροφοριακού συστήματος. Υπό αυτή την έννοια, η process evolution αποτελεί μία από τις βασικές εκφράσεις της process flexibility, αλλά όχι τη μοναδική.

5.4.1 Towards a Taxonomy of Process Flexibility

Η εργασία Towards a Taxonomy of Process Flexibility των Schonenberg, Mans, Russell, Mulyar και van der Aalst (2008) αποτελεί σημαντική θεωρητική συνεισφορά, επειδή επιχειρεί να οργανώσει τις διαφορετικές μορφές ευελιξίας σε ένα κοινό εννοιολογικό πλαίσιο. Σε αντίθεση με προσεγγίσεις όπως το Change Support in PAIS, οι οποίες επικεντρώνονται σε συγκεκριμένους μηχανισμούς αλλαγής, η συγκεκριμένη εργασία έχει κυρίως ταξινομικό και ερμηνευτικό χαρακτήρα. Στόχος της δεν είναι η εισαγωγή ενός νέου change mechanism, αλλά η συστηματική κατανόηση των διαφορετικών τρόπων με τους οποίους μπορεί να εκφραστεί η flexibility στα σύγχρονα BPM systems.

Η βασική αξία μιας τέτοιας ταξινόμησης/κατηγοριοποίησης είναι ότι επιτρέπει να συγκριθούν προσεγγίσεις που κατά τα άλλα βασίζονται σε εντελώς διαφορετικές φιλοσοφίες. Για παράδειγμα, ένα σύστημα μπορεί να παρέχει flexibility μέσω δομικών αλλαγών στο process schema, ένα άλλο μέσω μεγαλύτερης ελευθερίας κατά τον χρόνο εκτέλεσης και ένα τρίτο μέσω προκαθορισμένων εναλλακτικών διαδρομών. Χωρίς ένα κοινό θεωρητικό πλαίσιο, οι δυνατότητες αυτές θα ήταν δύσκολο να συγκριθούν με συστηματικό τρόπο.

Στο υπάρχον κείμενο της διπλωματικής γίνεται ήδη διάκριση μεταξύ design-time flexibility και runtime flexibility. Η πρώτη αφορά τη δυνατότητα τροποποίησης των process models πριν από την εκτέλεση, ενώ η δεύτερη αφορά την αλλαγή ενεργών περιπτώσεων κατά τη λειτουργία του συστήματος. Η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και για την ερμηνεία της process evolution. Η schema-based evolution αφορά κατά κύριο λόγο αλλαγές στο επίπεδο του μοντέλου, αλλά όταν συνοδεύεται από instance migration αποκτά άμεση σχέση και με τη runtime flexibility.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η σχέση της ταξινόμησης αυτής με τις προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν στα Κεφάλαια 4 και 5. Το Case Handling παρέχει ευελιξία μέσω της αυξημένης αυτονομίας των knowledge workers και της data-driven λογικής εκτέλεσης. Το Exception Handling παρέχει flexibility μέσω

μηχανισμών αντιμετώπισης αποκλίσεων. Οι schema-based approaches παρέχουν flexibility μέσω ελεγχόμενων process changes, ενώ οι version-based approaches μέσω της συνύπαρξης, επιλογής ή μετάβασης μεταξύ διαφορετικών process versions..

Στο πλαίσιο αυτό, η Amoeba Methodology αποκτά διαφορετικό ρόλο από εκείνον που είχε στην προηγούμενη δομή του Κεφαλαίου 5. Δεν χρειάζεται να αντιμετωπίζεται ως αυτοτελής κατηγορία evolution. Αντίθετα, μπορεί να ερμηνευθεί ως προσέγγιση που ενισχύει την flexibility μέσω της σταδιακής εξέλιξης και της οργανωσιακής μάθησης

Η process flexibility έχει επίσης άμεση σχέση με το change management. Η δυνατότητα αλλαγής ενός process model από μόνη της δεν αποτελεί επαρκή ένδειξη υψηλής ευελιξίας. Το σύστημα πρέπει να μπορεί να διαχειρίζεται τις συνέπειες της αλλαγής, να διατηρεί τη συνέπεια των ενεργών περιπτώσεων, να ελέγχει την εγκυρότητα των νέων process schemas και να υποστηρίζει τη μετάβαση μεταξύ διαφορετικών εκδόσεων. Για τον λόγο αυτό, η εργασία Change Support in Process-Aware Information Systems και η Taxonomy of Process Flexibility πρέπει να θεωρηθούν συμπληρωματικές: η πρώτη επικεντρώνεται στο πώς υποστηρίζονται συγκεκριμένες αλλαγές, ενώ η δεύτερη παρέχει το θεωρητικό πλαίσιο για το πώς αξιολογείται συνολικά η ευελιξία που προσφέρουν αυτές οι δυνατότητες.

Η διάκριση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την παρούσα βιβλιογραφική επισκόπηση, αφού τόσο οι προσεγγίσεις Schema-based και Version-based Evolution αποτελούν τις βασικές τεχνικές κατηγορίες, ενώ η Process Flexibility λειτουργεί ως θεωρητικός φακός αξιολόγησης και σύνθεσης.

Παράλληλα, η έννοια της flexibility επεκτείνεται πέρα από τη διαχείριση μεμονωμένων αλλαγών. Στο υπάρχον κείμενο της εργασίας συνδέεται με adaptability, extensibility, exception handling, επαναχρησιμοποίηση μοντέλων και συνεχή εξέλιξη καθ' όλη τη διάρκεια του process lifecycle. Αυτό σημαίνει ότι η process flexibility αποτελεί ευρύτερη ιδιότητα ενός BPM ecosystem και όχι απλώς χαρακτηριστικό ενός συγκεκριμένου change mechanism.

Ένα σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει από τη σύνθεση είναι ότι μεγαλύτερη flexibility δεν συνεπάγεται αυτομάτως καλύτερο BPM system. Η αυξημένη ελευθερία αλλαγής πρέπει να εξισορροπείται με consistency preservation, governance και δυνατότητα ελέγχου. Ένα σύστημα που επιτρέπει μεγάλο αριθμό ad hoc αλλαγών χωρίς κατάλληλους μηχανισμούς validation μπορεί να είναι λειτουργικά ευέλικτο αλλά επιχειρησιακά αναξιόπιστο. Αντίθετα, ένα εξαιρετικά αυστηρό σύστημα μπορεί να διατηρεί υψηλή συνέπεια αλλά να μην ανταποκρίνεται επαρκώς σε μεταβαλλόμενες απαιτήσεις. Αυτή η ένταση μεταξύ flexibility και control αποτελεί κεντρικό ζήτημα της έρευνας γύρω από το process evolution.

Η ίδια αρχή εξηγεί και τη σημασία του instance migration. Η δυνατότητα να αλλάξει ένα schema αποτελεί μια μορφή flexibility, αλλά η πραγματική επιχειρησιακή αξία της αυξάνεται όταν το σύστημα μπορεί να διαχειριστεί με ασφαλή τρόπο τις ενεργές περιπτώσεις που επηρεάζονται. Στην υπάρχουσα διπλωματική, το instance migration, η συνύπαρξη πολλαπλών εκδόσεων και το correctness checking αναφέρονται ως βασικά change-support features. Συνεπώς, οι μηχανισμοί αυτοί αποτελούν το σημείο όπου η θεωρητική έννοια της flexibility μετατρέπεται σε πρακτική δυνατότητα process evolution.

Συνολικά, η σχέση μεταξύ Process Evolution και Process Flexibility μπορεί να συνοψιστεί ως σχέση μεταξύ μηχανισμού και ικανότητας. Η Process Evolution περιγράφει τους μηχανισμούς μέσω των οποίων αλλάζουν, μεταναστεύουν ή συνυπάρχουν τα process models και τα instances τους, ενώ η Process Flexibility περιγράφει τη συνολική ικανότητα του πληροφοριακού συστήματος να υποστηρίζει αυτές και άλλες μορφές μεταβολής με τρόπο ελεγχόμενο και επιχειρησιακά βιώσιμο. Η Towards a Taxonomy of Process Flexibility είναι επομένως ιδιαίτερα σημαντική όχι επειδή προσθέτει μια νέα κατηγορία evolution, αλλά επειδή παρέχει το θεωρητικό πλαίσιο μέσα από το οποίο μπορούν να ερμηνευθούν και να συγκριθούν οι κατηγορίες και οι προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν στο παρόν και στο προηγούμενο κεφάλαιο.

5.5 Σύνοψη και Σύνθεση των Προσεγγίσεων Εξέλιξης

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάστηκε η εξέλιξη των επιχειρησιακών διαδικασιών (Business Process Evolution) ως διακριτή αλλά στενά συνδεδεμένη διάσταση της ευελιξίας των σύγχρονων συστημάτων BPM. Σε αντίθεση με τις προσεγγίσεις προσαρμογής του Κεφαλαίου 4, οι οποίες επικεντρώνονται κυρίως στην απόκριση ή στην πρόβλεψη μεταβολών που σχετίζονται με την εκτέλεση μιας διαδικασίας, η process evolution αφορά περισσότερο τη συστηματική και μακροχρόνια μεταβολή των process models και τη διαχείριση των συνεπειών που προκαλούν οι αλλαγές αυτές στα υφιστάμενα και μελλοντικά process instances. Η διάκριση μεταξύ adaptation και evolution ακολουθεί και τη γενικότερη εννοιολογική τοποθέτηση της παρούσας εργασίας, όπου η adaptation συνδέεται κυρίως με δυναμικές μεταβολές κατά την εκτέλεση, ενώ η evolution με μακροχρόνιες μεταβολές και αναδιάρθρωση των process models.

Κεντρικό αποτέλεσμα της ανάλυσης του κεφαλαίου αποτελεί η οργάνωση των προσεγγίσεων εξέλιξης σε δύο κύριες κατηγορίες: Schema-based Evolution και Version-based Evolution. Η κατηγοριοποίηση αυτή επιτρέπει τη σαφέστερη διάκριση μεταξύ δύο διαφορετικών αλλά συμπληρωματικών προβλημάτων: αφενός του τρόπου με τον οποίο μεταβάλλεται το ίδιο το process schema και αφετέρου του τρόπου με τον οποίο διαχειρίζονται οι διαφορετικές εκδόσεις ή καταστάσεις της διαδικασίας και τα instances που συνδέονται με αυτές.

Η πρώτη κατηγορία, η Schema-based Evolution, περιλαμβάνει προσεγγίσεις στις οποίες το process schema αποτελεί το βασικό αντικείμενο της αλλαγής. Στο πλαίσιο της παρούσας ταξινόμησης διακρίθηκαν τρεις βασικές μορφές: Direct Schema Change, Schema Evolution with Instance Migration και Incremental (Operator-based) Evolution. Η διάκριση μεταξύ αυτών των μορφών ανέδειξε ότι η αλλαγή ενός process model δεν αποτελεί ένα ενιαίο τεχνικό πρόβλημα. Μπορεί να πραγματοποιείται μέσω άμεσης αντικατάστασης του μοντέλου, μέσω αλλαγής που συνοδεύεται από ελεγχόμενη μετάβαση ενεργών instances ή μέσω σταδιακών και τυποποιημένων change operations.

Ιδιαίτερη σημασία αποδόθηκε στο instance migration, καθώς αποτελεί ένα από τα σημεία στα οποία η θεωρητική αλλαγή ενός process schema συναντά την πραγματική λειτουργία ενός PAIS. Η δυνατότητα δημιουργίας ενός νέου schema δεν είναι από μόνη της αρκετή όταν υπάρχουν ενεργές περιπτώσεις που εκτελούνται σύμφωνα με την προηγούμενη μορφή της διαδικασίας. Απαιτείται να εξεταστεί εάν η execution history κάθε instance είναι συμβατή με το νέο schema και εάν η μετάβασή του μπορεί να πραγματοποιηθεί χωρίς παραβίαση των περιορισμών ορθότητας και συνέπειας. Η σημασία της ασφαλούς

migration, του correctness checking και του dependency control αναγνωρίζεται ρητά και στο υπάρχον υλικό της διπλωματικής ως βασικό στοιχείο του change support.

Η Incremental (Operator-based) Evolution ανέδειξε μια διαφορετική διάσταση του ίδιου προβλήματος. Αντί η εξέλιξη να αντιμετωπίζεται αποκλειστικά ως μετάβαση μεταξύ δύο συνολικών καταστάσεων ενός process model, μπορεί να αναλυθεί ως ακολουθία επιμέρους, σαφώς καθορισμένων αλλαγών. Η λογική των change patterns και change operations καθιστά δυνατή την τυποποίηση επαναλαμβανόμενων μετασχηματισμών και διευκολύνει τόσο τον έλεγχο των αλλαγών όσο και τη συγκριτική αξιολόγηση των δυνατοτήτων διαφορετικών PAIS.

Στο σημείο αυτό, η προσέγγιση Change Support in Process-Aware Information Systems αποτέλεσε σημαντικό θεωρητικό και τεχνικό σημείο αναφοράς. Η συμβολή της βρίσκεται στη μετάβαση από την αποσπασματική αντιμετώπιση μεμονωμένων αλλαγών προς μία περισσότερο συστηματική θεώρηση του change support μέσω change patterns και change support features. Με αυτό τον τρόπο αποφαινόμαστε ότι η προσέγγιση αυτή συνέβαλε στη διαμόρφωση ενός ενιαίου πλαισίου για την ασφαλή, συνεπή και οργανωσιακά βιώσιμη εξέλιξη των διαδικασιών.

Η δεύτερη κύρια κατηγορία, η Version-based Evolution, μεταφέρει το ενδιαφέρον από την ίδια την πράξη της schema change στη διαχείριση των διαφορετικών μορφών που αποκτά μια διαδικασία κατά την εξέλιξή της. Στην κατηγορία αυτή διακρίθηκαν οι Co-existing Process Versions, η Version Migration και η Configuration-based Evolution μέσω Process Variants.

Η συνύπαρξη διαφορετικών process versions αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό μηχανισμό όταν δεν είναι δυνατή ή επιθυμητή η άμεση μετάβαση όλων των ενεργών instances στη νέα μορφή της διαδικασίας. Με τη διατήρηση της προηγούμενης έκδοσης, τα παλαιότερα instances μπορούν να ολοκληρώσουν την εκτέλεσή τους σύμφωνα με το schema με το οποίο ξεκίνησαν, ενώ τα νέα instances χρησιμοποιούν τη νεότερη version. Η δυνατότητα συνύπαρξης πολλαπλών εκδόσεων αναγνωρίζεται ήδη στην υπάρχουσα διπλωματική ως βασικό χαρακτηριστικό του change support.

Η Version Migration προσθέτει μία περισσότερο δυναμική διάσταση, επιτρέποντας την επιλεκτική μεταφορά ενεργών instances από μια παλαιότερη σε μια νεότερη έκδοση, όταν πληρούνται οι απαραίτητες συνθήκες συμβατότητας. Η δυνατότητα αυτή αναδεικνύει παράλληλα τη στενή αλληλεξάρτηση Schema-based και Version-based Evolution: η αλλαγή ενός schema μπορεί να δημιουργήσει μια νέα version, ενώ η δυνατότητα ή αδυναμία migration των ενεργών instances καθορίζει εάν και για πόσο χρονικό διάστημα πρέπει να διατηρηθούν παράλληλες εκδόσεις.

Η Configuration-based Evolution διευρύνει περαιτέρω τη λογική αυτή μέσω της έννοιας των process variants. Η βιβλιογραφία για configurable processes δείχνει ότι η συστηματική διαχείριση παραλλαγών μπορεί να μειώσει την ανεξέλεγκτη δημιουργία ανεξάρτητων εκδόσεων, αλλά απαιτεί ρητούς περιορισμούς διαμόρφωσης και μηχανισμούς ελέγχου συνέπειας. Για τον λόγο αυτό, η κατηγορία αποτιμάται με μεγαλύτερη επιφύλαξη ως προς την αυτοματοποίηση από ό,τι ως προς την ικανότητα διαχείρισης μεταβλητότητας (Lu & Sadiq, 2006; La Rosa & Mendling, 2008; Yongsiriwit et al., 2016).

Παράλληλα, η ανάλυση της Amoeba Methodology ανέδειξε την οργανωσιακή διάσταση της process evolution. Η εξέλιξη δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τεχνικούς μηχανισμούς schema transformation και version management, αλλά μπορεί να αντιμετωπίζεται ως σταδιακή διαδικασία μάθησης, ανατροφοδότησης και συνεχούς οργανωσιακής βελτίωσης. Η υπάρχουσα εργασία χαρακτηρίζει την Amoeba ως μία από τις πρώτες συστηματικές προσπάθειες μετάβασης από τη στατική διαχείριση διαδικασιών προς περισσότερο εξελικτική και ευέλικτη φιλοσοφία BPM.

Μια ακόμη σημαντική διαπίστωση του κεφαλαίου είναι ότι η Process Evolution δεν μπορεί να εξεταστεί ανεξάρτητα από την Process Flexibility. Για τον λόγο αυτό, η εργασία Towards a Taxonomy of Process Flexibility δεν αντιμετωπίστηκε στη ταξινομική δομή ως ακόμη μία τεχνική προσέγγιση evolution, αλλά ως θεωρητικό πλαίσιο σύνθεσης και ερμηνείας των διαφορετικών μηχανισμών ευελιξίας. Το υπάρχον κείμενο της διπλωματικής επιβεβαιώνει τον συγκεκριμένο χαρακτήρα της, καθώς αναφέρει ότι η εργασία δεν προτείνει έναν νέο μηχανισμό αλλαγής, αλλά οργανώνει τις υπάρχουσες προσεγγίσεις σε ενιαίο εννοιολογικό πλαίσιο.

Από τη σύνθεση των παραπάνω προκύπτει ότι η σχέση μεταξύ Process Evolution και Process Flexibility μπορεί να ερμηνευθεί ως σχέση μεταξύ μηχανισμών αλλαγής και συνολικής ικανότητας μεταβολής. Οι schema- και version-based mechanisms περιγράφουν πώς πραγματοποιείται και διαχειρίζεται η εξέλιξη, ενώ η process flexibility εκφράζει σε ποιο βαθμό ένα πληροφοριακό σύστημα μπορεί να υποστηρίξει τέτοιες μεταβολές διατηρώντας ταυτόχρονα την ορθότητα, τη συνέπεια και την επιχειρησιακή συνέχεια.

Από τη συνολική αποτίμηση προκύπτει επίσης ότι δεν υπάρχει μία καθολικά βέλτιστη στρατηγική process evolution. Η επιλογή εξαρτάται από χαρακτηριστικά όπως η διάρκεια των process instances, η έκταση της απαιτούμενης αλλαγής, η ανάγκη άμεσης εφαρμογής της, η δυνατότητα ασφαλούς migration, ο αριθμός των παράλληλων versions και οι απαιτήσεις ελέγχου και κανονιστικής συμμόρφωσης. Σε ορισμένα περιβάλλοντα μπορεί να είναι προτιμότερη η διατήρηση παλαιών instances στην αρχική version, ενώ σε άλλα η migration στη νέα έκδοση μπορεί να αποτελεί επιχειρησιακή απαίτηση.

Παράλληλα, η βιβλιογραφία που εξετάζεται στην εργασία αναδεικνύει μια ευρύτερη εξέλιξη του BPM: από στατικά process models προς συστήματα που υποστηρίζουν δυναμική αλλαγή, ασφαλή εξέλιξη και μεγαλύτερη αυτονομία. Το υπάρχον κείμενο της διπλωματικής συνδέει ήδη την εξέλιξη των change-support mechanisms με τη διατήρηση της ορθότητας ενεργών περιπτώσεων και την ασφαλή εξέλιξη των process models, ενώ θεωρητικά πλαίσια όπως η Taxonomy of Process Flexibility παρέχουν κοινή βάση για την αξιολόγηση των διαφορετικών τεχνολογικών προσεγγίσεων.

Η ασφαλής migration ενεργών instances, η διατήρηση της συνέπειας μεταξύ πολλαπλών versions, η αυτοματοποίηση της επιλογής κατάλληλων changes και η εξισορρόπηση μεταξύ flexibility και control εξακολουθούν να αποτελούν κρίσιμα ζητήματα. Επιπλέον, η υπάρχουσα εργασία αναγνωρίζει περιορισμούς που αφορούν την πλήρως αυτοματοποιημένη και ευφυή διαχείριση αλλαγών, την ερμηνευσιμότητα των αποφάσεων προσαρμογής, τη διαλειτουργικότητα μεταξύ BPM platforms και τη διαχείριση καταναμημένων περιβαλλόντων νέφους.

Η εξέλιξη των σχετικών τεχνολογιών δείχνει επίσης ότι τα όρια μεταξύ adaptation, evolution και flexibility γίνονται σταδιακά περισσότερο διαπερατά. Δεν περιορίζονται στη δυνατότητα χειροκίνητης τροποποίησης

ενός process model, αλλά εξετάζουν τη χρήση δεδομένων εκτέλεσης, process mining και τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης για την υποστήριξη περισσότερο προσαρμοστικών μορφών BPM. Η κατεύθυνση αυτή αναγνωρίζεται και στο υπάρχον κείμενο, όπου οι σύγχρονες μορφές flexibility συνδέονται με execution data, process mining και AI.

Κατά συνέπεια, η εξέλιξη επιχειρησιακών διαδικασιών δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται ως απομονωμένη λειτουργία τροποποίησης process models, αλλά ως μέρος ενός ευρύτερου μηχανισμού διαχείρισης της αλλαγής σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των επιχειρησιακών διαδικασιών. Η αποτελεσματική process evolution απαιτεί συνδυασμό μηχανισμών αλλαγής, version management, instance management, correctness preservation και process flexibility, ενώ οι νεότερες ερευνητικές κατευθύνσεις μετακινούν σταδιακά το ενδιαφέρον προς περισσότερο αυτοματοποιημένες και data-driven μορφές εξέλιξης

6

Συγκριτική Αποτίμηση Κατηγοριών Προσεγγίσεων

Το κεφάλαιο απαντά στο RQ4 και οργανώνεται σε τρεις ενότητες. Η Ενότητα 6.1 ορίζει τα κριτήρια και την κλίμακα αποτίμησης, η Ενότητα 6.2 παρουσιάζει τα αποτελέσματα ανά κατηγορία και η Ενότητα 6.3 συνθέτει τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν αποκλειστικά από τη συγκριτική ανάλυση. Η μονάδα σύγκρισης είναι η κατηγορία προσεγγίσεων και όχι η μεμονωμένη εργασία.

6.1 Κριτήρια Αποτίμησης

Χρησιμοποιείται τριβάθμια κλίμακα Χαμηλή–Μέτρια–Υψηλή. «Υψηλή» τιμή αποδίδεται όταν το χαρακτηριστικό αποτελεί κεντρική και συστηματικά υποστηριζόμενη δυνατότητα της κατηγορίας· «Μέτρια» όταν παρέχεται υπό προϋποθέσεις, μόνο σε μέρος των προσεγγίσεων ή με ουσιώδεις περιορισμούς· και «Χαμηλή» όταν δεν αποτελεί κύριο στόχο ή απαιτεί κυρίως εξωτερική/χειροκίνητη υποστήριξη. Για το κριτήριο ανθρώπινης παρέμβασης η κλίμακα αντιστρέφεται ερμηνευτικά: υψηλή τιμή σημαίνει μεγάλη εξάρτηση από ανθρώπινη κρίση.

Πίνακας 13. Κριτήρια σύγκρισης προσεγγίσεων προσαρμογής και εξέλιξης επιχειρησιακών διαδικασιών

Κριτήριο	Λειτουργικός ορισμός
Ευελιξία	Ικανότητα αντιμετώπισης μεταβλητότητας χωρίς πλήρη επανασχεδίαση
Προσαρμογή κατά την εκτέλεση	Ικανότητα αλλαγής ενεργής περίπτωσης ή της εκτέλεσής της
Διατήρηση συνέπειας/ορθότητας	Υπαρξη μηχανισμών που ελέγχουν ή εγγυώνται ότι η αλλαγή δεν οδηγεί σε μη έγκυρη κατάσταση
Αυτοματοποίηση	Βαθμός στον οποίο ανίχνευση, επιλογή και εφαρμογή αλλαγής εκτελούνται χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση

Διαχείριση ενεργών στιγμιοτύπων/εκδόσεων	Υποστήριξη migration, coexistence ή configuration όταν το μοντέλο εξελίσσεται
Υποστήριξη κατανεμημένων/cloud περιβαλλόντων	Ρητή δυνατότητα λειτουργίας ή αναδιαμόρφωσης σε υπηρεσιοστρεφή, cloud ή BPaaS περιβάλλοντα
Ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης	Βαθμός εξάρτησης από εμπειρογνώμονα ή knowledge worker για την απόφαση/εφαρμογή αλλαγής

6.2 Αποτελέσματα Αποτίμησης

Κατηγορία	Ευελιξία	Runtime	Συνέπεια	Αυτοματοποίηση	Instances/versions	Cloud/BPaaS	Ανθρ. παρέμβαση
Case Handling	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Exception Handling	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια	Χαμηλή	Μέτρια	Μέτρια
Predictive Adaptation	Υψηλή	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή	Χαμηλή
Schema-based Evolution	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλή	Μέτρια
Version-based Evolution	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Υψηλή	Μέτρια	Μέτρια

Case Handling — *Ευελιξία*: Υψηλή, επειδή η πορεία της περίπτωσης μπορεί να καθορίζεται με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και την κρίση του knowledge worker. *Προσαρμογή κατά την εκτέλεση*: Υψηλή, αφού η επιλογή ενεργειών γίνεται εντός της ενεργής περίπτωσης. *Συνέπεια/ορθότητα*: Μέτρια, διότι η αυξημένη ελευθερία απαιτεί ισχυρούς κανόνες εξουσιοδότησης και δεδομένων, χωρίς να παρέχει τις ίδιες τυπικές εγγυήσεις με schema-oriented μηχανισμούς. *Αυτοματοποίηση*: Χαμηλή και *ανθρώπινη παρέμβαση*: Υψηλή, καθώς η ανθρώπινη κρίση αποτελεί βασικό μέρος της λογικής. *Διαχείριση εκδόσεων και cloud/BPaaS*: Χαμηλή, επειδή δεν αποτελούν τον κύριο στόχο της κατηγορίας (van der Aalst et al., 2005; Reijers et al., 2003).

Exception Handling — *Ευελιξία*: Μέτρια, επειδή η κατηγορία ενεργοποιείται κυρίως σε αποκλίσεις και όχι ως γενικός μηχανισμός ελεύθερης αναδιάρθρωσης. *Runtime υποστήριξη*: Υψηλή. *Συνέπεια/ορθότητα*: Μέτρια σε επίπεδο κατηγορίας: οι δυναμικοί handlers απαιτούν έλεγχο της επιλεγμένης ενέργειας, ενώ η αυτοματοποιημένη επιδιόρθωση εισάγει ισχυρότερους μηχανισμούς αναζήτησης έγκυρης κατάστασης αλλά δεν εγγυάται από μόνη της επιχειρησιακή καταλληλότητα. *Αυτοματοποίηση*: Μέτρια, επειδή κυμαίνεται από δυναμική επιλογή worklets (οπότε κάποιος πρέπει να τα ορίσει/αναπτύξει) έως αυτόματη παραγωγή repair plans. Η ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης είναι αντίστοιχα Μέτρια (Adams et al., 2007; van Beest et al., 2012).

Predictive Adaptation — *Ευελιξία και runtime υποστήριξη*: Υψηλές, επειδή η κατηγορία επιδιώκει έγκαιρη μεταβολή της εκτέλεσης πριν από την αναμενόμενη αστοχία. *Αυτοματοποίηση*: Υψηλή, λόγω της χρήσης μοντέλων πρόβλεψης και αλγορίθμων επιλογής ενεργειών. *Συνέπεια/ορθότητα*: Μέτρια, καθώς η ακρίβεια

πρόβλεψης δεν ισοδυναμεί με εγγύηση ορθής αλλαγής και απαιτούνται πρόσθετοι περιορισμοί επικύρωσης. *Cloud/BPaaS*: Υψηλή στην εξεταζόμενη βιβλιογραφική κατεύθυνση, όπου σημαντικό μέρος των προσεγγίσεων αφορά ελαστικότητα, cross-layer adaptation και BPaaS. *Ανθρώπινη παρέμβαση*: Χαμηλή σε κανονική λειτουργία, αλλά παραμένει αναγκαία για governance και εξαιρέσεις υψηλού κινδύνου (Schulte et al., 2015; Kritikos et al., 2017; Hedhli et al., 2022).

Schema-based Evolution — *Ευελιξία*: Υψηλή ως προς τη δομική μεταβολή του μοντέλου. *Runtime υποστήριξη*: Μέτρια, επειδή εξαρτάται από το αν υποστηρίζεται migration ενεργών στιγμιοτύπων. *Συνέπεια/ορθότητα*: Υψηλή στις ώριμες προσεγγίσεις, όπου correctness criteria, change patterns και pre/postconditions αποτελούν κεντρικούς μηχανισμούς. *Αυτοματοποίηση*: Μέτρια, καθώς οι έλεγχοι μπορούν να αυτοματοποιούνται αλλά η επιλογή της επιχειρησιακής αλλαγής συχνά παραμένει ανθρώπινη. *Διαχείριση ενεργών στιγμιοτύπων/εκδόσεων*: Υψηλή όταν περιλαμβάνονται instance migration και change support features. *Cloud/BPaaS*: Χαμηλή, επειδή δεν αποτελεί πρωτεύον αντικείμενο της κλασικής κατηγορίας (Reichert & Dadam, 1998; Rinderle et al., 2004; Weber et al., 2008).

Version-based Evolution — *Ευελιξία*: Υψηλή, επειδή επιτρέπει συνύπαρξη, migration και διαμόρφωση διαφορετικών εκδόσεων ή παραλλαγών. *Runtime υποστήριξη*: Μέτρια, καθώς η ενεργή μετάβαση εξαρτάται από compatibility criteria. *Συνέπεια/ορθότητα και διαχείριση instances/versions*: Υψηλές, αφού αυτά αποτελούν τον πυρήνα της κατηγορίας. *Αυτοματοποίηση και ανθρώπινη παρέμβαση*: Μέτριες, λόγω της ανάγκης επιλογής κατάλληλης έκδοσης/διαμόρφωσης και της πολυπλοκότητας migration. *Cloud/BPaaS*: Μέτρια, επειδή νεότερες configurable BPaaS προσεγγίσεις επεκτείνουν τη λογική των variants σε cloud περιβάλλοντα, χωρίς αυτό να χαρακτηρίζει όλη την κατηγορία (van der Aalst & Basten, 2002; Lu & Sadiq, 2006; Yongsiriwit et al., 2016).

6.3 Βασικά Συμπεράσματα της Συγκριτικής Αποτίμησης

Η συγκριτική αποτίμηση δεν αναδεικνύει μία καθολικά ανώτερη κατηγορία. Αντίθετα, δείχνει διαφορετικές ισορροπίες μεταξύ ευελιξίας, ελέγχου, αυτοματοποίησης και ανθρώπινης παρέμβασης. Το Case Handling μεγιστοποιεί την επιχειρησιακή διακριτική ευχέρεια, το Exception Handling εστιάζει στην ανθεκτικότητα της ενεργής εκτέλεσης, η Predictive Adaptation μετατοπίζει την παρέμβαση πριν από την αναμενόμενη απόκλιση, ενώ οι Schema-based και Version-based κατηγορίες παρέχουν ισχυρότερη υποστήριξη για ελεγχόμενη μακροχρόνια αλλαγή και συνέπεια (van der Aalst et al., 2005; Weber et al., 2008; Hedhli et al., 2022).

Το βασικό trade-off που προκύπτει από τον πίνακα είναι ότι η αύξηση της ευελιξίας ή της αυτοματοποίησης δεν καταργεί την ανάγκη ελέγχου. Οι κατηγορίες με ισχυρότερες τυπικές εγγυήσεις επιβάλλουν περισσότερους περιορισμούς στην αλλαγή, ενώ οι περισσότερο δυναμικές κατηγορίες απαιτούν πρόσθετη διακυβέρνηση και επικύρωση. Η διαπίστωση αυτή συνδέεται άμεσα με το πρώτο ερευνητικό κενό του επόμενου κεφαλαίου (Rinderle et al., 2004; Weber et al., 2005).

7

Ερευνητικά Κενά και Μελλοντικές Ερευνητικές

Κατευθύνσεις

Το κεφάλαιο απαντά στα RQ6 και RQ7. Κάθε υποερώτηση διατυπώνει πρώτα το κενό που προκύπτει από τη συγκριτική σύνθεση και στη συνέχεια προσδιορίζει συγκεκριμένη κατεύθυνση έρευνας, ώστε να διαχωρίζεται σαφώς η διάγνωση του προβλήματος από την προτεινόμενη ερευνητική εξέλιξη.

7.1 Ισορροπία ευελιξίας και εγγυήσεων ορθότητας

Οι κατηγορίες που παρέχουν υψηλή ελευθερία αλλαγής δεν προσφέρουν πάντοτε ισοδύναμες εγγυήσεις συνέπειας, ενώ οι αυστηροί μηχανισμοί correctness checking μπορούν να περιορίζουν την ταχύτητα προσαρμογής. Το κενό αφορά επομένως τη συνδυασμένη επίτευξη δυναμικότητας και τυπικής ασφάλειας/συνέπειας. Η μελλοντική έρευνα πρέπει να αναπτύξει υβριδικούς μηχανισμούς που ελέγχουν αυτοματοποιημένα preconditions, invariants και επιχειρησιακούς περιορισμούς πριν και μετά την αλλαγή, ώστε η συνέπεια να μην εξετάζεται απλώς εκ των υστέρων αλλά να εξασφαλίζεται κατά την εφαρμογή της προσαρμογής/εξέλιξης (Rinderle et al., 2004; Weber et al., 2008).

7.2 Ερμηνευσιμότητα και λογοδοσία αυτοματοποιημένων αποφάσεων

Η Predictive Adaptation αυξάνει την αυτοματοποίηση, αλλά η βιβλιογραφία που εξετάστηκε δεν επιλύει πλήρως το ζήτημα της ερμηνείας μιας προτεινόμενης αλλαγής. Σε κρίσιμες διαδικασίες δεν αρκεί η πρόβλεψη να είναι ακριβής· πρέπει να είναι δυνατό να εξηγηθεί ποια δεδομένα οδήγησαν στην απόφαση, ποιοι περιορισμοί εξετάστηκαν και ποια είναι η αναμενόμενη επίπτωση. Ερευνητική κατεύθυνση αποτελεί η ενσωμάτωση explainable decision support, audit trails και policy-aware validation στους μηχανισμούς

predictive BPM, με δυνατότητα ανθρώπινης έγκρισης όταν η αβεβαιότητα ή ο επιχειρησιακός κίνδυνος υπερβαίνουν προκαθορισμένα όρια (Hedhli et al., 2022).

7.3 Ποιότητα και διακυβέρνηση δεδομένων

Οι προγνωστικοί και data-driven μηχανισμοί εξαρτώνται από event logs και ιστορικά δεδομένα. Ελλιπή, ασυνεπή ή μεροληπτικά δεδομένα μπορούν να οδηγήσουν σε εσφαλμένες προβλέψεις και ακατάλληλες ενέργειες. Η έρευνα πρέπει επομένως όχι μόνο να εξετάζει αλλά να εξασφαλίζει την ποιότητα των δεδομένων μέσω μηχανισμών επικύρωσης, ανίχνευσης ασυνέπειας, provenance, versioning και συνεχούς παρακολούθησης της ποιότητας πριν τα δεδομένα τροφοδοτήσουν μοντέλα προσαρμογής. Η κατεύθυνση αυτή είναι αναγκαία για αξιόπιστους κλειστούς βρόχους παρακολούθησης και αλλαγής (Günther et al., 2006; Hedhli et al., 2022).

7.4 Διαλειτουργικότητα και κατανεμημένα περιβάλλοντα BPaaS

Η μεταφορά επιχειρησιακών διαδικασιών σε υπολογιστικό νέφος και BPaaS δημιουργεί εξαρτήσεις από πολλαπλούς παρόχους, υπηρεσίες και οργανισμούς. Το ερευνητικό κενό αφορά την ασφαλή προσαρμογή όταν η αλλαγή διασχίζει τεχνολογικά και οργανωσιακά όρια. Οι μελλοντικές κατευθύνσεις περιλαμβάνουν κοινά μοντέλα πολιτικών και SLA, μηχανισμούς cross-layer consistency, φορητές περιγραφές διαμόρφωσης, δυναμική επιλογή παρόχου και συντονισμένη αναδιαμόρφωση με ταυτόχρονο έλεγχο ασφάλειας, ιδιωτικότητας και συμβατικών περιορισμών (Kritikos et al., 2017; Domaschka et al., 2017; Rekik et al., 2020).

7.5 Από την εξόρυξη αλλαγών στον κλειστό βρόχο μάθησης

Η change mining δείχνει ότι προηγούμενες προσαρμογές μπορούν να αναλυθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν ως γνώση για μελλοντικές αλλαγές. Παραμένει όμως ανοιχτό το ζήτημα της αξιόπιστης μετάβασης από την ανακάλυψη προτύπων στην αυτόματη εφαρμογή τους. Μελλοντική έρευνα απαιτεί μηχανισμούς που συνδέουν mining, recommendation, formal validation και controlled deployment, με σαφή όρια αυτονομίας και δυνατότητα ανάκλησης μιας αλλαγής όταν η πραγματική της επίδραση αποκλίνει από την αναμενόμενη (Günther et al., 2006).

7.6 Ανθρώπινη εποπτεία σε ευφυή BPM

Η αύξηση της αυτοματοποίησης δεν εξαλείφει την ανάγκη ανθρώπινης κρίσης. Το Case Handling αναδεικνύει την αξία του knowledge worker, ενώ οι predictive και automated-repair προσεγγίσεις δείχνουν τα οφέλη της αυτονομίας. Συνεπώς, η ανάπτυξη human-in-the-loop BPM αποτελεί ουσιώδη κατεύθυνση: τα συστήματα πρέπει να κλιμακώνουν μια απόφαση σε άνθρωπο ανάλογα με τον κίνδυνο, την αβεβαιότητα και την κανονιστική κρισιμότητα, διατηρώντας παράλληλα πλήρη ιχνηλασιμότητα της τελικής επιλογής (van der Aalst et al., 2005; van Beest et al., 2012; Hedhli et al., 2022).

8

8

Συμπερ

άσματα

8.1 Συνεισφορά της Εργασίας

Η βασική συνεισφορά της διπλωματικής είναι η συστηματική οργάνωση ενός ετερογενούς ερευνητικού πεδίου σε σαφείς κατηγορίες προσαρμογής και εξέλιξης, η ανάλυση αντιπροσωπευτικών προσεγγίσεων από το ευρύτερο σώμα των 58 επιλεγμένων δημοσιεύσεων, η κατάταξη των επιλεγμένων δημοσιεύσεων στις προτεινόμενες κατηγορίες και η συγκριτική αποτίμηση των κατηγοριών με κοινή κλίμακα. Η εργασία δεν προτείνει νέο τεχνικό μηχανισμό, αλλά η προστιθέμενη αξία της βρίσκεται στη σύνθεση, στην αποσαφήνιση και στη συστηματική σύνδεση των αποτελεσμάτων με ερευνητικά κενά και κατευθύνσεις.

8.2 Εμπειρία από την Εκπόνηση της Εργασίας

Η εκπόνηση της συστηματικής επισκόπησης ανέδειξε στην πράξη τη δυσκολία ομογενοποίησης όρων που χρησιμοποιούνται με διαφορετικό τρόπο στη βιβλιογραφία, καθώς και την ανάγκη διάκρισης μεταξύ τεχνικών μηχανισμών, θεωρητικών ταξινομιών και τεχνολογιών υποστήριξης. Ιδιαίτερα σημαντική εμπειρία αποτέλεσε η μετάβαση από την απλή περιγραφή μεμονωμένων εργασιών στη συγκριτική σύνθεση σε επίπεδο κατηγοριών. Η διαδικασία αυτή κατέστησε σαφές ότι η ποιότητα μιας βιβλιογραφικής επισκόπησης εξαρτάται όχι μόνο από το πλήθος των πηγών, αλλά από τη διαφάνεια των κριτηρίων επιλογής, την ιχνηλασιμότητα των συμπερασμάτων και τη συνέπεια της ταξινόμησης.

8.3 Βασικά Συμπεράσματα

Ως προς το RQ3, οι βασικές κατηγορίες προσαρμογής είναι το Case Handling, το Exception Handling και η Predictive Adaptation ενώ οι βασικές κατηγορίες εξέλιξης είναι οι Schema-based και Version-based Evolution, με επιμέρους μηχανισμούς άμεσης αλλαγής, migration, incremental operators, συνύπαρξης εκδόσεων και configuration μέσω variants. Η κατηγοριοποίηση αυτή επιτρέπει την αποτίμηση του RQ5 με κοινά κριτήρια καθώς και την ανάλυση των κατηγοριών και την ανάδειξη των βασικών τους πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων ώστε να απαντηθεί και το RQ4. Σημειώνεται επίσης πως κάθε

κατηγορία προσαρμογής/εξέλιξης συνοδεύεται από μια αντιπροσωπευτική προσέγγιση που αναλύεται (απάντηση ερωτημάτων RQ1 & RQ2) ενώ προσδιορίζεται και μια ολοκληρωμένη χαρτογράφηση προσεγγίσεων σε κατηγορίες, οδηγώντας σε ένα είδος επικύρωσης της προτεινόμενης κατηγοριοποίησης, ενισχύοντας με αυτό τον τρόπο περαιτέρω την απάντηση στο RQ3.

Η συγκριτική ανάλυση (RQ5) καταδεικνύει ότι δεν υπάρχει καθολικά βέλτιστη κατηγορία. Οι μηχανισμοί διαφέρουν ως προς τον χρόνο ενεργοποίησης, την αυτοματοποίηση, τις εγγυήσεις συνέπειας, την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης και την υποστήριξη κατανεμημένων περιβαλλόντων. Η κατάλληλη επιλογή εξαρτάται από το αν το πρόβλημα αφορά μια ενεργή περίπτωση, μια εξαίρεση, μια προβλέψιμη μελλοντική κατάσταση ή τη μακροχρόνια μεταβολή του μοντέλου διαδικασίας.

Τέλος, τα RQ6 και RQ7 δείχνουν ότι η μελλοντική έρευνα πρέπει να εστιάσει στη συνδυασμένη επίτευξη ευελιξίας και ορθότητας, στην ερμηνευσιμότητα των αυτοματοποιημένων αποφάσεων, στη διασφάλιση ποιότητας δεδομένων, στη διαλειτουργικότητα κατανεμημένων BPaaS περιβαλλόντων, στη σύνδεση change mining με ελεγχόμενους κλειστούς βρόχους προσαρμογής και σε αρχιτεκτονικές ανθρώπινης εποπτείας. Η εξέλιξη του BPM διαμορφώνεται επομένως ως σύγκλιση ελεγχόμενης αλλαγής, δεδομένων, αυτοματοποίησης και οργανωσιακής κρίσης και όχι ως αντικατάσταση του ενός παραδείγματος από ένα άλλο (Günther et al., 2006; Weber et al., 2008; Hedhli et al., 2022).

Βιβλιογραφία

1. Adams, M., Edmond, D. and ter Hofstede, A.H.M. (2003) 'The application of activity theory to dynamic workflow adaptation issues', in *Proceedings of PACIS 2003*, pp. 1836–1852.
2. Adams, M., ter Hofstede, A.H.M., Edmond, D. and van der Aalst, W.M.P. (2005) 'Facilitating flexibility and dynamic exception handling in workflows through worklets', in *CAiSE 2005 Forum*, pp. 45–50.
3. Adams, M., ter Hofstede, A.H.M., Edmond, D. and van der Aalst, W.M.P. (2006) 'Worklets: A service-oriented implementation of dynamic flexibility in workflows', in *CoopIS 2006*, LNCS 4275, pp. 291–308.
4. Adams, M., ter Hofstede, A.H.M., Edmond, D. and van der Aalst, W.M.P. (2007) 'Dynamic and extensible exception handling for workflows: A service-oriented implementation', in *Business Process Management Workshops*.
5. Baresi, L., Guinea, S. and Pasquale, L. (2007) 'Self-healing BPEL processes with Dynamo and the JBoss rule engine', in *Proceedings of ESSPE 2007*, pp. 11–20.
6. Borgida, A. and Murata, T. (1999) 'Tolerating exceptions in workflows: A unified framework for data and processes', in *Proceedings of WACC 1999*, pp. 59–68.
7. Casati, F. (1998) 'A discussion on approaches to handling exceptions in workflows', in *CSCW Workshop on Adaptive Workflow Systems*, Seattle.
8. Casati, F. and Pozzi, G. (1999) 'Modelling exceptional behaviours in commercial workflow management systems', in *Proceedings of IFCIS Cooperative Information Systems*, pp. 127–138.
9. Casati, F., Ceri, S., Pernici, B. and Pozzi, G. (1998) 'Workflow evolution', *Data & Knowledge Engineering*, 24(3), pp. 211–238. doi:10.1016/S0169-023X(97)00033-5.
10. Casati, F., Fugini, M.G. and Mirbel, I. (1999) 'An environment for designing exceptions in workflows', *Information Systems*, 24(3), pp. 255–273.
11. Chiu, D.K.W., Li, Q. and Karlapalem, K. (2000) 'A logical framework for exception handling in ADOME workflow management system', in *Advanced Information Systems Engineering – CAiSE 2000*, pp. 110–125.
12. Desai, N., Chopra, A.K. and Singh, M.P. (2009) 'Amoeba: A methodology for modeling and evolving cross-organizational business processes', *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 19(2).

13. Domaschka, J., Griesinger, F., Seybold, D. and Wesner, S. (2017) 'A cloud-driven view on Business Process as a Service', in *Proceedings of CLOSER 2017*, pp. 739–746.
14. Ellis, C.A., Keddara, K. and Rozenberg, G. (1995) 'Dynamic change within workflow systems', in *Proceedings of the Conference on Organizational Computing Systems*, pp. 10–21.
15. Golani, M. and Gal, A. (2006) 'Optimizing exception handling in workflows using process restructuring', in *Business Process Management 2006*.
16. Guinea, S., Kecskemeti, G., Marconi, A. and Wetzstein, B. (2011) 'Multi-layered monitoring and adaptation', in *Service-Oriented Computing – ICSOC 2011*, pp. 359–373.
17. Günther, C.W., Rinderle-Ma, S., Reichert, M. and van der Aalst, W.M.P. (2006) 'Change mining in adaptive process management systems', in *Proceedings of CoopIS 2006*.
18. Hagen, C. and Alonso, G. (2000) 'Exception handling in workflow management systems', *IEEE Transactions on Software Engineering*, 26(10), pp. 943–958.
19. Hedhli, A., Mezni, H. and Ben Said, L. (2022) 'Predictive BPaaS management with quantum and neural computing', *Journal of Software: Evolution and Process*, 34(4). doi:10.1002/smr.2415.
20. Khalaf, R., Leymann, F. and Richter, S. (2014) 'Multi-cloud and business process adaptation', *IBM Journal of Research and Development*, 58(2/3), pp. 1–12.
21. Kritikos, K., Zeginis, C., Griesinger, F., Seybold, D. and Domaschka, J. (2017) 'A cross-layer BPaaS adaptation framework', in *IEEE 5th International Conference on Future Internet of Things and Cloud*, pp. 241–248. doi:10.1109/FiCloud.2017.12.
22. La Rosa, M. and Mendling, J. (2008) 'Domain-driven process adaptation in emergency scenarios', in *1st International Workshop on Process Management for Highly Dynamic and Pervasive Scenarios*, Springer LNCS. Η πρωτογενής εργασία που έχεις ανεβάσει επιβεβαιώνει συγγραφείς, έτος, workshop και ακριβώς τη χρήση process variants/configurable models.
23. Lu, R. and Sadiq, S.W. (2006) 'Managing process variants as an information resource', in *Business Process Management 2006*.
24. Lu, R. and Sadiq, S.W. (2007) 'On the discovery of preferred work practice through business process variants', in *Proceedings of ER 2007*.
25. Minor, M., Schmalen, D., Koldehoff, A. and Bergmann, R. (2007) 'Structural adaptation of workflows supported by a suspension mechanism and by case-based reasoning', in *Proceedings of WETICE 2007*.
26. Mourão, H. and Antunes, P. (2007) 'Supporting effective unexpected exceptions handling in workflow management systems', in *Proceedings of ACM SAC 2007*.
27. Müller, R., Greiner, U. and Rahm, E. (2004) 'AgentWork: A workflow system supporting rule-based workflow adaptation', *Data & Knowledge Engineering*, 51(2), pp. 223–256.
28. Pesic, M., Schonenberg, M.H., Sidorova, N. and van der Aalst, W.M.P. (2007) 'Constraint-based workflow models: Change made easy', in *Proceedings of CoopIS 2007*, pp. 77–94.
29. Ploesser, K., Recker, J. and Rosemann, M. (2008) 'Towards a classification and lifecycle of business process change', in *Proceedings of BPMDS 2008*.

30. Popescu, R., Staikopoulos, A., Brogi, A., Liu, P. and Clarke, S. (2012) 'A formalized, taxonomy-driven approach to cross-layer application adaptation', *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems*, 7(1), Article 7.
31. Regev, G., Soffer, P. and Schmidt, R. (2006) 'Taxonomy of flexibility in business processes', in *Proceedings of BPMDS/CAiSE Workshops 2006*.
32. Reichert, M. and Dadam, P. (1998) 'ADEPTflex—Supporting dynamic changes of workflows without losing control', *Journal of Intelligent Information Systems*, 10(2), pp. 93–129.
33. Reijers, H.A., Rigter, J.H.M. and van der Aalst, W.M.P. (2003) 'The case handling case', *International Journal of Cooperative Information Systems*, 12(3), pp. 365–391.
34. Rekik, M., Ait Wakrime, A., Cheniki, N. and Sam, Y. (2020) 'Toward reconfiguration of BPaaS based on SaaS services using clustering and Boolean satisfiability', *SN Computer Science*, 1, Article 156. Η βιβλιογραφία του ίδιου paper συνδέει ρητά την προσέγγιση με BPaaS adaptation, configurable processes και cloud reconfiguration.
35. Rekik, M., Boukadi, K. and Ben-Abdallah, H. (2016) 'A comprehensive framework for business process outsourcing to the cloud', in *IEEE International Conference on Services Computing*, pp. 179–186. doi:10.1109/SCC.2016.30.
36. Rekik, M., Boukadi, K., Assy, N., Gaaloul, W. and Ben-Abdallah, H. (2016) 'A linear program for optimal configurable business processes deployment into cloud federation', in *IEEE International Conference on Services Computing*, pp. 34–41. doi:10.1109/SCC.2016.31.
37. Rinderle, S., Reichert, M. and Dadam, P. (2004) 'Correctness criteria for dynamic changes in workflow systems: A survey', *Data & Knowledge Engineering*, 50(1), pp. 9–34. doi:10.1016/j.datak.2004.01.002.
38. Rinderle, S., Reichert, M. and Dadam, P. (2004) 'Flexible support of team processes by adaptive workflow systems', *Distributed and Parallel Databases*, 16(1), pp. 91–116.
39. Rinderle, S., Weber, B., Reichert, M. and Wild, W. (2005) 'Integrating process learning and process evolution: A semantics-based approach', in *Business Process Management 2005*.
40. Russell, N., van der Aalst, W.M.P. and ter Hofstede, A.H.M. (2006) 'Workflow exception patterns', in *Advanced Information Systems Engineering – CAiSE 2006*, pp. 288–302.
41. Sadiq, S.W., Sadiq, W. and Orlowska, M.E. (2001) 'Pockets of flexibility in workflow specifications', in *Proceedings of ER 2001*.
42. Sadiq, S.W., Sadiq, W. and Orlowska, M.E. (2005) 'A framework for constraint specification and validation in flexible workflows', *Information Systems*, 30(5), pp. 349–378.
43. Schonenberg, H., Mans, R., Russell, N., Mulyar, N. and van der Aalst, W.M.P. (2008) 'Towards a taxonomy of process flexibility', in *Proceedings of CAiSE Forum 2008*.
44. Schulte, S., Janiesch, C., Venugopal, S., Weber, I. and Hoenisch, P. (2015) 'Elastic business process management: State of the art and open challenges for BPM in the cloud', *Future Generation Computer Systems*, 46, pp. 36–50. doi:10.1016/j.future.2014.09.005.
45. Sellami, W., Hadj Kacem, H. and Hadj Kacem, A. (2014) 'Elastic multi-tenant business process based service pattern in cloud computing', in *IEEE 6th International Conference on Cloud Computing Technology and Science*, pp. 154–161. doi:10.1109/CloudCom.2014.151. To

- πρωτογενές PDF επιβεβαιώνει ότι η εργασία προτείνει auto-scaling adaptation στο process/service level.
46. Suleiman, B., Tosic, V., Jeffery, R. and Liu, J. (2009) ‘Models and algorithms for business value-driven adaptation of business processes and software infrastructure’, in *31st International Conference on Software Engineering – Companion Volume*. doi:10.1109/ICSE-COMPANION.2009.5071028. Η εργασία αφορά ρητά automated analysis και runtime adaptation.
 47. van Beest, N.R.T.P., Kaldeli, E., Bulanov, P., Wortmann, J.C. and Lazovik, A. (2012) ‘Automated runtime repair of business processes’, *International Journal of Cooperative Information Systems*, 21(2), pp. 157–188.
 48. van der Aalst, W.M.P. and Basten, T. (2002) ‘Inheritance of workflows: An approach to tackling problems related to change’, *Theoretical Computer Science*, 270(1–2), pp. 125–203. doi:10.1016/S0304-3975(00)00321-2.
 49. van der Aalst, W.M.P., Stoffele, M. and Wamelink, J.W.F. (2003) ‘Case handling in construction’, *Automation in Construction*, 12(3), pp. 303–320.
 50. van der Aalst, W.M.P., Weske, M. and Grünbauer, D. (2005) ‘Case handling: A new paradigm for business process support’, *Data & Knowledge Engineering*, 53(2), pp. 129–162.
 51. Weber, B., Reichert, M. and Wild, W. (2006) ‘Case-base maintenance for CCBR-based process evolution’, in *Proceedings of ECCBR 2006*.
 52. Weber, B., Reichert, M., Wild, W. and Rinderle, S. (2005) ‘Balancing flexibility and security in adaptive process management systems’, in *Proceedings of CoopIS 2005*.
 53. Weber, B., Rinderle, S. and Reichert, M. (2007) ‘Change patterns and change support features in process-aware information systems’, in *Advanced Information Systems Engineering – CAiSE 2007*, LNCS 4495, pp. 574–588. doi:10.1007/978-3-540-72988-4_40.
 54. Weber, B., Rinderle, S., Wild, W. and Reichert, M. (2005) ‘CCBR-driven business process evolution’, *Lecture Notes in Computer Science*, 3620, pp. 610–624. doi:10.1007/11536406_46.
 55. Weber, B., Rinderle-Ma, S. and Reichert, M. (2008) ‘Change patterns and change support features: Enhancing flexibility in process-aware information systems’, *Data & Knowledge Engineering*, 66(3), pp. 438–466. doi:10.1016/j.datak.2008.05.001.
 56. Woitsch, R. and Utz, W. (2015) ‘Business Process as a Service (BPaaS)’, in *E-Business and Telecommunications*, Springer, pp. 435–440.
 57. Yongsiriwit, K., Assy, N. and Gaaloul, W. (2016) ‘A semantic framework for configurable business process as a service in the cloud’, *Journal of Network and Computer Applications*, 59, pp. 168–184. doi:10.1016/j.jnca.2015.07.007.
 58. Zou, Y., Lau, T.C., Kontogiannis, K., Tong, T. and McKegney, R. (2004) ‘Model-driven business process recovery’, in *Proceedings of the 11th Working Conference on Reverse Engineering*. doi:10.1109/WCRE.2004.30.

