



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Νοημοσύνη Επιχειρηματικών Διεργασιών και Εξόρυξη Διεργασιών**  
**Μια εφαρμογή με χρήση του ProM Framework**

**Άγγελος Χάλαρης**

**Επιβλέποντες:**    **Αποστόλου Δημήτριος**, Επίκουρος Καθηγητής

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ**

**Οκτώβριος 2015**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Νοημοσύνη Επιχειρηματικών Διεργασιών και Εξόρυξη Διεργασιών**  
**Μια εφαρμογή με χρήση του ProM Framework**

<b>Ονοματεπώνυμο:</b>	Άγγελος Χάλαρης
<b>Αριθμός Μητρώου:</b>	Π11165

**Επιβλέποντες:** Αποστόλου Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής

# Πρόλογος

Ο όρος Επιχειρησιακή Νοημοσύνη (Business Intelligence) αναφέρεται σε τεχνικές συλλογής δεδομένων και ανάλυσής της τους με σκοπό τη μετατροπή τους σε χρήσιμες πληροφορίες για την επιχείρηση. Οι πιο συνηθισμένες από τις εφαρμογές της Επιχειρησιακής Νοημοσύνης χρησιμοποιούν μαθηματικά και στατιστικά μοντέλα στα δεδομένα για ανάλυση συσχετισμού, ανάλυση τάσης, έλεγχο υποθέσεων και ανάλυση προβλέψεων. Ένας σημαντικός κλάδος εφαρμογών της Επιχειρησιακής Νοημοσύνης αφορά τις επιχειρηματικές διεργασίες και διαδικασίες και ονομάζεται Νοημοσύνη Επιχειρησιακών Διεργασιών (Business Process Intelligence). Η Νοημοσύνη Επιχειρησιακών Διεργασιών γίνεται όλο και πιο δημοφιλής μεταξύ των επιχειρήσεων αφού η ανάγκη για βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας των παραγωγικών διαδικασιών είναι όλο και μεγαλύτερη καθώς επίσης και οι αλλαγές είναι ραγδαίες και οι επιχειρήσεις θα πρέπει να μπορούν να αντιδράσουν γρήγορα. Οι εφαρμογές αυτές απαρτίζονται από ένα πολύ μεγάλο εύρος εργαλείων που κυμαίνονται από παρακολούθηση και ανάλυση διεργασιών μέχρι ελέγχους συμμόρφωσης, πρόβλεψη και βελτιστοποίηση των διαδικασιών. Στις σελίδες που ακολουθούν θα εξεταστεί σε βάθος η Νοημοσύνη Επιχειρησιακών Διεργασιών και οι τεχνικές που την απαρτίζουν με ιδιαίτερη έμφαση στην Εξόρυξη Διεργασιών. Επιπλέον θα παρουσιαστεί μια εφαρμογή της Νοημοσύνης Επιχειρησιακών Διεργασιών σε ένα σετ δεδομένων που έχουν προκύψει από προσομοίωση με τη χρήση του εργαλείου ελεύθερου λογισμικού ProM.

**ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:** Εργαλεία & Λογισμικό Διοίκησης Επιχειρήσεων

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Εξόρυξη Διεργασιών, Νοημοσύνη Επιχειρησιακών Διεργασιών, Επιχειρησιακή Νοημοσύνη, Επιχειρησιακές Διεργασίες, Ανάλυση Δεδομένων, Εξόρυξη Δεδομένων, Μηχανική Μάθηση

## Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος.....	1
Πίνακας Περιεχομένων.....	2
1. Εισαγωγή.....	3
Τεχνικές της Νοημοσύνης Επιχειρησιακών Διεργασιών.....	4
Ανάλυση Διεργασιών (Process Analysis).....	4
Πρόβλεψη (Prediction).....	4
Παρακολούθηση Διεργασιών (Process Monitoring).....	4
Έλεγχος Διεργασιών (Process Control).....	5
Εξόρυξη Διεργασιών (Process Mining).....	5
2. Εξόρυξη Διεργασιών.....	6
Ανεύρεση Διεργασιών (Process Discovery).....	6
Έλεγχος Συμμόρφωσης (Conformance Checking).....	6
Βελτίωση Μοντέλου (Model Enhancement).....	7
3. ProM Framework: Μια σύγχρονη εφαρμογή Εξόρυξης Διεργασιών.....	8
Διεπαφή Χρήστη.....	8
Μετατροπή κατάλληλων αρχείων σε Event Logs.....	10
XESame.....	10
Disco.....	10
4. Τρέχον Παράδειγμα.....	11
4.1. Παραδοχές, περιορισμοί και δομή των δεδομένων.....	11
4.2. Ανεύρεση Διεργασιών.....	12
4.3. Έλεγχος Συμμόρφωσης.....	17
Παράρτημα Ι: Αρχεία καταγραφής συμβάντων του παραδείγματος.....	18
Βιβλιογραφικές και ηλεκτρονικές πηγές.....	22

# 1. Εισαγωγή

Με τον όρο Νοημοσύνη Επιχειρησιακών Διεργασιών (Business Process Intelligence, στο εξής BPI) αναφερόμαστε στην εφαρμογή τεχνικών της Επιχειρησιακής Νοημοσύνης (Business Intelligence, στο εξής BI) σε παραγωγικές διαδικασίες ή επιχειρησιακές διεργασίες. Η BI απαρτίζεται από διάφορες τεχνικές και εργαλεία για τη μετατροπή μεγάλου όγκου δεδομένων σε πληροφορίες χρήσιμες για την επιχείρηση με τη χρήση μαθηματικών και στατιστικών μεθόδων. Ο κύριος σκοπός της BI είναι η καλύτερη υποστήριξη των διοικητικών αποφάσεων, οι οποίες μπορεί να κυμαίνονται από απλές λειτουργικές αποφάσεις (πχ. τη διάθεση ή την τιμολόγηση προϊόντων) μέχρι στρατηγικές αποφάσεις για την επιχείρηση (πχ. μακροπρόθεσμους στόχους και προτεραιότητες ή την κατεύθυνση της επιχείρησης συνολικά).

Τα δεδομένα που είναι χρήσιμα στην BI προέρχονται τόσο από την ίδια την επιχείρηση (εσωτερικά δεδομένα), όσο και από την αγορά μέσα στην οποία δραστηριοποιείται η επιχείρηση (εξωτερικά δεδομένα). Όσον αφορά στα εσωτερικά δεδομένα, αυτά αποτελούνται από σημαντικά ιστορικά, οικονομικά και άλλα δεδομένα που συνήθως αποθηκεύονται σε μια ειδική βάση δεδομένων που ονομάζεται Αποθήκη Δεδομένων (Data Warehouse). Ειδικά αν μια Αποθήκη Δεδομένων περιέχει και στοιχεία που αφορούν στις διεργασίες της επιχείρησης, τότε αυτή ονομάζεται Αποθήκη Δεδομένων Διεργασιών (Process Data Warehouse) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πηγή δεδομένων για την BPI. Για να μετατραπούν τα δεδομένα αυτά σε πληροφορίες που η επιχείρηση θα μπορεί να χρησιμοποιήσει για να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων, χρησιμοποιούνται μέθοδοι Ανάλυσης Δεδομένων (Data Analysis) και Εξόρυξης Δεδομένων (Data Mining).

Τα τελευταία χρόνια, η BPI γίνεται όλο και πιο δημοφιλής, καθώς οι επιχειρήσεις πρέπει να μπορούν να αντιδρούν γρήγορα στις αλλαγές της αγοράς ώστε να είναι ανταγωνιστικές, να είναι όσο πιο αποδοτικές γίνεται και να μπορούν να ανταποκρίνονται σε κάποιους κανονισμούς, πρότυπα και πολιτικές. Επομένως πολλά Συστήματα Διαχείρισης Επιχειρησιακών Διεργασιών (Business Process Management Systems, στο εξής BPMS), δηλαδή πλατφόρμες λογισμικού που υποστηρίζουν διαδικασίες όπως ορισμό, εκτέλεση και παρακολούθηση των διεργασιών μιας επιχείρησης, επεκτείνουν τις δυνατότητές τους με λειτουργικότητα BPI. Συνεπώς συνδυάζονται οι δυνατότητες συλλογής δεδομένων της Διοίκησης Επιχειρησιακών Διεργασιών (Business Process Management, στο εξής BPM), μέσα από Αρχεία Καταγραφής Συμβάντων (Event Logs), με τη δυνατότητα της BPI να εκμεταλλεύεται τα δεδομένα που αφορούν στις διεργασίες της επιχείρησης μέσα από αναλύσεις που παρέχουν στην επιχείρηση μια καλύτερη κατανόηση του πώς εκτελούνται οι διεργασίες τους στην πραγματικότητα.

Στο παρελθόν το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας στον κλάδο των επιχειρησιακών διεργασιών και των παρεχόμενων εργαλείων είχε επικεντρωθεί στην ανάπτυξη νέων μοντέλων διεργασιών και στην αυτοματοποίηση των διεργασιών. Μεγάλη σημασία, όμως, παρουσιάζουν τομείς όπως η ανάλυση διεργασιών, η πρόβλεψη και η βελτιστοποίηση. Αυτό το κενό στοχεύουν να καλύψουν οι τεχνικές και τα εργαλεία της BPI προσφέροντας ένα σύστημα που μπορεί να υποστηρίξει τη λήψη αποφάσεων ούτως ώστε να μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα την ποιότητα εκτέλεσης των επιχειρησιακών διεργασιών.

## **Τεχνικές της Νοημοσύνης Επιχειρησιακών Διεργασιών**

Η BPI αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο, όχι μόνο για την βελτίωση ή τον ανασχεδιασμό των διεργασιών μιας επιχείρησης, αλλά και για το συντονισμό των βραχυπρόθεσμων στόχων της επιχείρησης με τους μακροπρόθεσμους. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα εύρος τεχνικών που ακολουθούν παρακάτω:

### **Ανάλυση Διεργασιών (Process Analysis)**

Το πρώτο βήμα για τη βελτίωση μιας διεργασίας είναι να αναλυθεί ούτως ώστε να γίνουν κατανοητές οι δραστηριότητες που την αποτελούν, τους συσχετισμούς μεταξύ τους και την αξία των σχετικών μεγεθών. Για την Ανάλυση Διεργασιών απαιτείται ο καθορισμός των περιορισμών της διεργασίας καθώς και των σημείων εκκίνησης/εισροής και τερματισμού/εκροής, η κατασκευή ενός διαγράμματος ροής της διεργασίας που περιγράφει τα στάδιά της και τις σχέσεις μεταξύ τους και η αποσαφήνιση των σημαντικών μεγεθών κάθε βήματος σε αυτή. Αυτά τα βήματα οδηγούν με τη σειρά τους στην ταυτοποίηση των σημείων συμφόρησης (Bottlenecks), δηλαδή των βημάτων που έχουν τη μικρότερη παραγωγικότητα, την αξιολόγησή του αντίκτυπου που έχουν αυτά στη διεργασία και τελικά τη λήψη λειτουργικών αποφάσεων για τη βελτίωσή της.

### **Πρόβλεψη (Prediction)**

Με τον όρο Εξαίρεση (Exception) αναφερόμαστε σε μια κρίσιμη, απρόβλεπτη ή ανεπιθύμητη κατάσταση που έχει ως αποτέλεσμα απόκλιση από τη βέλτιστη εκτέλεση μιας διεργασίας τέτοια ώστε να εμποδίζει την παροχή υπηρεσιών με την επιθυμητή ποιότητα (π.χ. καθυστερήσεις στην ολοκλήρωση μιας διεργασίας, ελλείψεις πόρων λόγω ιδιαίτερων συνθηκών, παράπονα πελατών στη διεύθυνση κλπ.).

Πέραν του επεξηγηματικού μοντέλου που παράγει η Ανάλυση Διεργασιών, το οποίο βοηθά στην βελτιστοποίηση των διεργασιών με βάση τα ιστορικά δεδομένα και τελικά στην παραγωγή ενός μοντέλου αποφάσεων, είναι δυνατόν από τα ίδια δεδομένα να προκύψουν και προγνωστικά μοντέλα τα οποία έχουν τη δυνατότητα να προβλέπουν εξαιρέσεις που μπορεί να προκύψουν στο μέλλον. Αυτό επιτρέπει στις επιχειρήσεις να προετοιμάζονται εκ των προτέρων για να αποφύγουν τέτοιες καταστάσεις ή να σχεδιάζουν τις λύσεις που θα εφαρμόσουν σε περίπτωση που παρουσιαστούν τέτοια προβλήματα.

### **Παρακολούθηση Διεργασιών (Process Monitoring)**

Με την Παρακολούθηση Διεργασιών είναι δυνατός ο έλεγχος σε πραγματικό χρόνο των τρεχουσών διεργασιών (π.χ. την πρόοδό τους, το χρόνο που έχει δαπανηθεί για την ολοκλήρωσή τους, τα σημεία συμφόρησης τους κλπ.) έτσι ώστε να είναι δυνατόν να ενημερώνεται άμεσα η επιχείρηση για ασυνήθιστες ή ανεπιθύμητες καταστάσεις, καθώς και να παρακολουθεί την καλή κατάσταση των συστημάτων και των διεργασιών της και τους πόρους της. Αυτό επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αντιδράσουν άμεσα σε περίπτωση που παρουσιαστούν προβλήματα, παρέχοντας παράλληλα τις πληροφορίες που είναι αναγκαίες για να ληφθούν οι σωστές αποφάσεις ώστε να αντιμετωπιστεί το εκάστοτε πρόβλημα, ενώ ταυτόχρονα τους δίνει τη δυνατότητα να εκμεταλλευτούν στο μέγιστο

βαθμό ιδιαίτερες συνθήκες και ευκαιρίες που μπορεί να παρουσιαστούν.

### **Έλεγχος Διεργασιών (Process Control)**

Αξιοποιώντας την Παρακολούθηση Διεργασιών και τα μοντέλα πρόβλεψης που έχει στη διάθεσή της μια επιχείρηση, είναι δυνατόν να αυτοματοποιηθεί μερικώς η λήψη αποφάσεων με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιστοποιούνται οι επιχειρησιακές διεργασίες, διατηρώντας τις συνθήκες εκτέλεσής τους μέσα στα αποδεκτά επίπεδα. Ως αποτέλεσμα μπορούν να αποφευχθούν διάφορες εξαιρέσεις που έχουν προκύψει από προβλέψεις ή να μειωθεί ο αντίκτυπος που έχουν στην ομαλή λειτουργία της επιχείρησης χωρίς να είναι αναγκαία η ανθρώπινη επέμβαση.

### **Εξόρυξη Διεργασιών (Process Mining)**

Πέραν των παραπάνω τεχνικών, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση της Εξόρυξης Διεργασιών από την BPI, δηλαδή του συνόλου των τεχνικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντλήσουν γνώση από τα αρχεία καταγραφής συμβάντων με σκοπό την ανάλυση των επιχειρησιακών διεργασιών. Η Εξόρυξη Διεργασιών, καθώς και οι τεχνικές της περιγράφονται στην επόμενη ενότητα και γίνεται μια επισκόπηση τους. Οι τεχνικές αυτές καθώς και οι εφαρμογές τους με τη χρήση του εργαλείου ελεύθερου λογισμικού ProM θα μας απασχολήσουν στις επόμενες ενότητες.

## 2. Εξόρυξη Διεργασιών

Η Εξόρυξη Διεργασιών (Process Mining, στο εξής PM) είναι ένα σχετικά νέο πεδίο έρευνας που τοποθετείται μεταξύ της Μηχανικής Μάθησης και της Εξόρυξης Γνώσης από τη μία πλευρά και τη Μοντελοποίηση και Ανάλυση Διεργασιών από την άλλη. Οι στόχοι της PM είναι η ανεύρεση διεργασιών, ο έλεγχός τους και η βελτίωσή τους εξορύσσοντας γνώση από αρχεία καταγραφής συμβάντων (στο εξής event logs) που στα σύγχρονα συστήματα είναι άμεσα διαθέσιμα. Τα event logs περιέχουν υποχρεωτικά δεδομένα που αφορούν ποια γεγονότα ανήκουν σε μια ορισμένη εκτέλεση μιας διεργασίας, τη σειρά αυτών των γεγονότων και προαιρετικά δεδομένα που αφορούν το χρονικό στιγμιότυπο του γεγονότος, τι προκάλεσε την εκτέλεση και πεδία δεδομένων. Παρέχεται λοιπόν μια σύνδεση ανάμεσα στα δεδομένα που προέρχονται από τις διεργασίες και τα μοντέλα που έχουν σχεδιαστεί για αυτές. Οι τρεις κύριες τεχνικές της PM παρουσιάζονται παρακάτω:

### Ανεύρεση Διεργασιών (Process Discovery)

Η Ανεύρεση Διεργασιών απαρτίζεται από μια σειρά εργαλείων και τεχνικών που μπορούν αυτόματα να κατασκευάσουν μια απεικόνιση των διεργασιών της επιχείρησης, χρησιμοποιώντας μόνο δεδομένα από ένα event log. Παραδείγματα τέτοιων τεχνικών είναι οι Αλγόριθμοι Εξόρυξης Ελέγχου Ροής (Control Flow Mining Algorithms) και οι Αλγόριθμοι Εξόρυξης Κοινωνικού Δικτύου (Social Network Mining Algorithms).

Με τις τεχνικές της Ανεύρεσης Διεργασιών μπορούν να οριστούν, να χαρτογραφηθούν και να αναλυθούν οι υπάρχουσες διεργασίες της επιχείρησης, όπως επίσης και οι δομές που την διέπουν (επιχειρησιακές, κοινωνικές, ελέγχου κλπ.). Όπως και η Ανάλυση Διεργασιών, έτσι και οι τεχνικές αυτές παρέχουν στις επιχειρήσεις κατανόηση των διεργασιών τους και μπορεί να αποτελέσουν το πρώτο βήμα στην υλοποίηση των επιχειρησιακών διεργασιών με κάποιο εργαλείο ροής εργασιών. Οι δύο αυτές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό μεταξύ τους για να εντοπιστούν πιο γρήγορα δυσλειτουργίες και σημεία συμφόρησης.

### Έλεγχος Συμμόρφωσης (Conformance Checking)

Ο Έλεγχος Συμμόρφωσης εφαρμόζεται εκ των υστέρων στα δεδομένα που υπάρχουν στα event logs με σκοπό να αναλυθεί αν τα συμβάντα που καταγράφηκαν αντιστοιχούν στο μοντέλο της διεργασίας ή και το ανάποδο και να εντοπισθούν ανεπιθύμητες συμπεριφορές. Η διαφορά του Ελέγχου Συμμόρφωσης από την Ανεύρεση Διεργασιών έγκειται στο γεγονός ότι για να εφαρμοστεί Έλεγχος Συμμόρφωσης, είναι αναγκαίο να υπάρχουν τόσο ένα μοντέλο όσο και ένα event log.

Οι περισσότερες τεχνικές Ελέγχου Συμμόρφωσης βασίζονται στην αρχή της Επανάληψης (Replay) δηλαδή ότι το αρχείο καταγραφής συμβάντων επαναλαμβάνεται μέσα στο μοντέλο της διεργασίας. Οι συνήθεις μετρικές συμμόρφωσης είναι η Καταλληλότητα (Fitness), δηλαδή κατά πόσο το μοντέλο επιτρέπει τη συμπεριφορά που εμφανίζεται στο αρχείο καταγραφής συμβάντων, και η Απλότητα



(Simplicity), η οποία ορίζεται από το λιγότερο σύνθετο μοντέλο που μπορεί να εξηγήσει τη συμπεριφορά που παρατηρείται στο αρχείο καταγραφής συμβάντων.

## Βελτίωση Μοντέλου (Model Enhancement)

Το τελευταίο στάδιο είναι η Επέκταση του Μοντέλου που έχει δημιουργηθεί. Ο σκοπός αυτής της μεθόδου δεν είναι να ελεγχθεί η εκτέλεση της διεργασίας, αλλά να επεκταθεί ή να εμπλουτιστεί το υπάρχον μοντέλο μιας διεργασίας χρησιμοποιώντας πληροφορίες που έχουν αντληθεί από την πραγματική διεργασία και έχουν καταγραφεί σε κάποιο αρχείο καταγραφής συμβάντων.

Παραδείγματα αυτής της μεθόδου είναι η Επισκευή (Repair), δηλαδή η τροποποίηση του μοντέλου που έχει δημιουργηθεί ώστε να αντικατοπτρίζει καλύτερα την πραγματικότητα, και η Επέκταση (Extension), δηλαδή η προσθήκη επιπλέον χρήσιμων πληροφοριών μέσα από ανάλυση των δεδομένων που υπάρχουν από την εκτέλεση της διεργασίας (π.χ. σήμανση των σημείων συμφόρησης επάνω στο μοντέλο της διεργασίας).



Σχήμα 1: Τοποθέτηση των τριών κύριων τύπων Εξόρυξης Διεργασιών

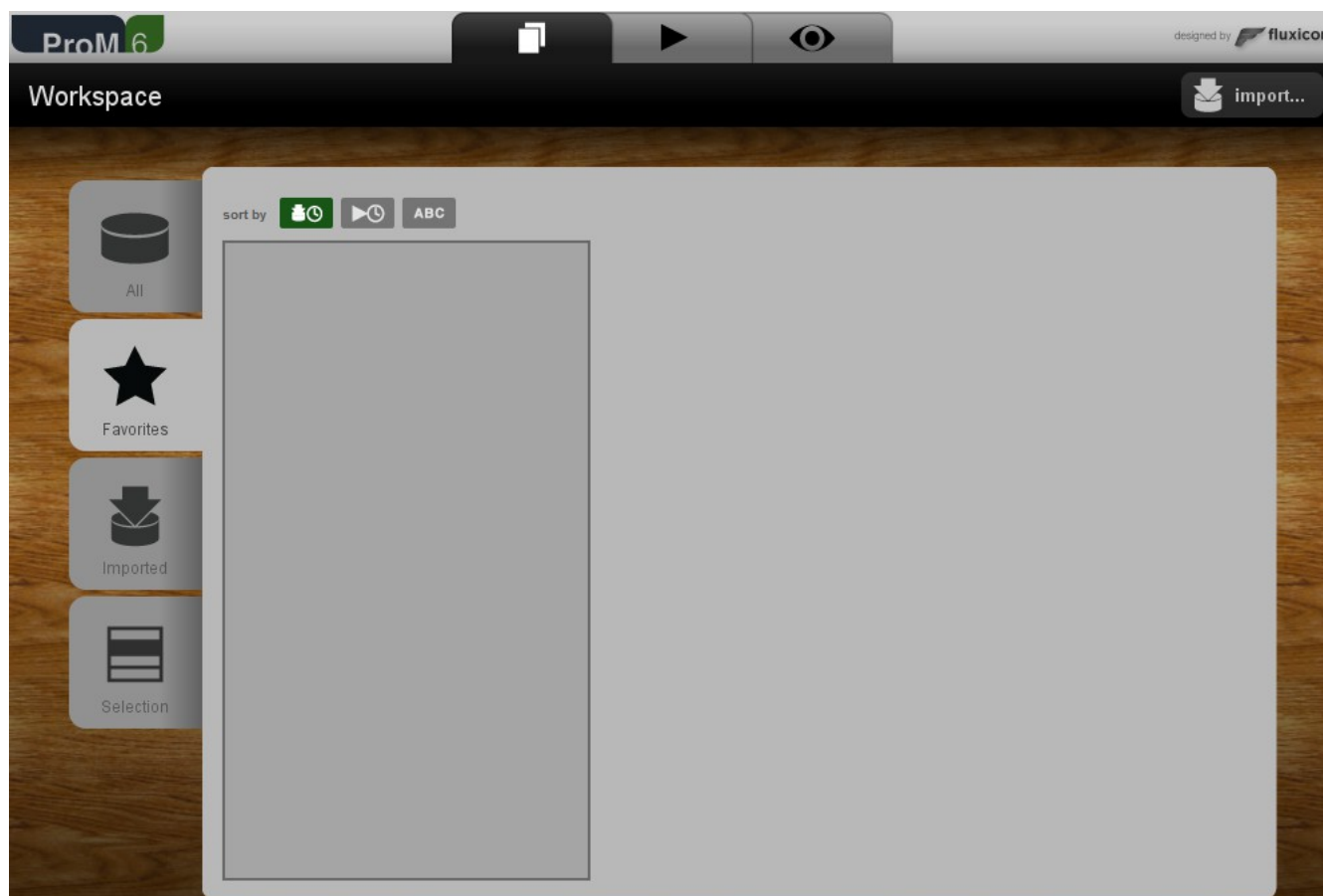
### 3. ProM Framework: Μια σύγχρονη εφαρμογή Εξόρυξης Διεργασιών

Το πλαίσιο ProM (συντομογραφία του Process Mining Framework) είναι ένα πλαίσιο ανοιχτού λογισμικού για αλγορίθμους PM. Αναπτύχθηκε από τον Wil van der Aalst και την ομάδα του στο Eindhoven University of Technology και είναι διαθέσιμο online χωρίς χρέωση από τη σχετική ιστοσελίδα<sup>[3.1]</sup>. Το πλαίσιο ProM είναι εύχρηστο και επεκτάσιμο, υποστηρίζει ένα μεγάλο εύρος τεχνικών PM σε μορφή plug-in και είναι ανεξάρτητο πλατφόρμας αφού έχει υλοποιηθεί σε Java.

#### Διεπαφή Χρήστη

Μέσα από το ProM μπορούν να εφαρμοστούν όλες οι μέθοδοι και τεχνικές PM που αναφέρθηκαν παραπάνω. Πριν αναφερθούμε σε συγκεκριμένες λειτουργίες και εξετάσουμε ένα παράδειγμα θα ήταν σκόπιμο να γίνει μια εισαγωγή στο γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής ProM (τρέχουσα έκδοση 6.5.1).

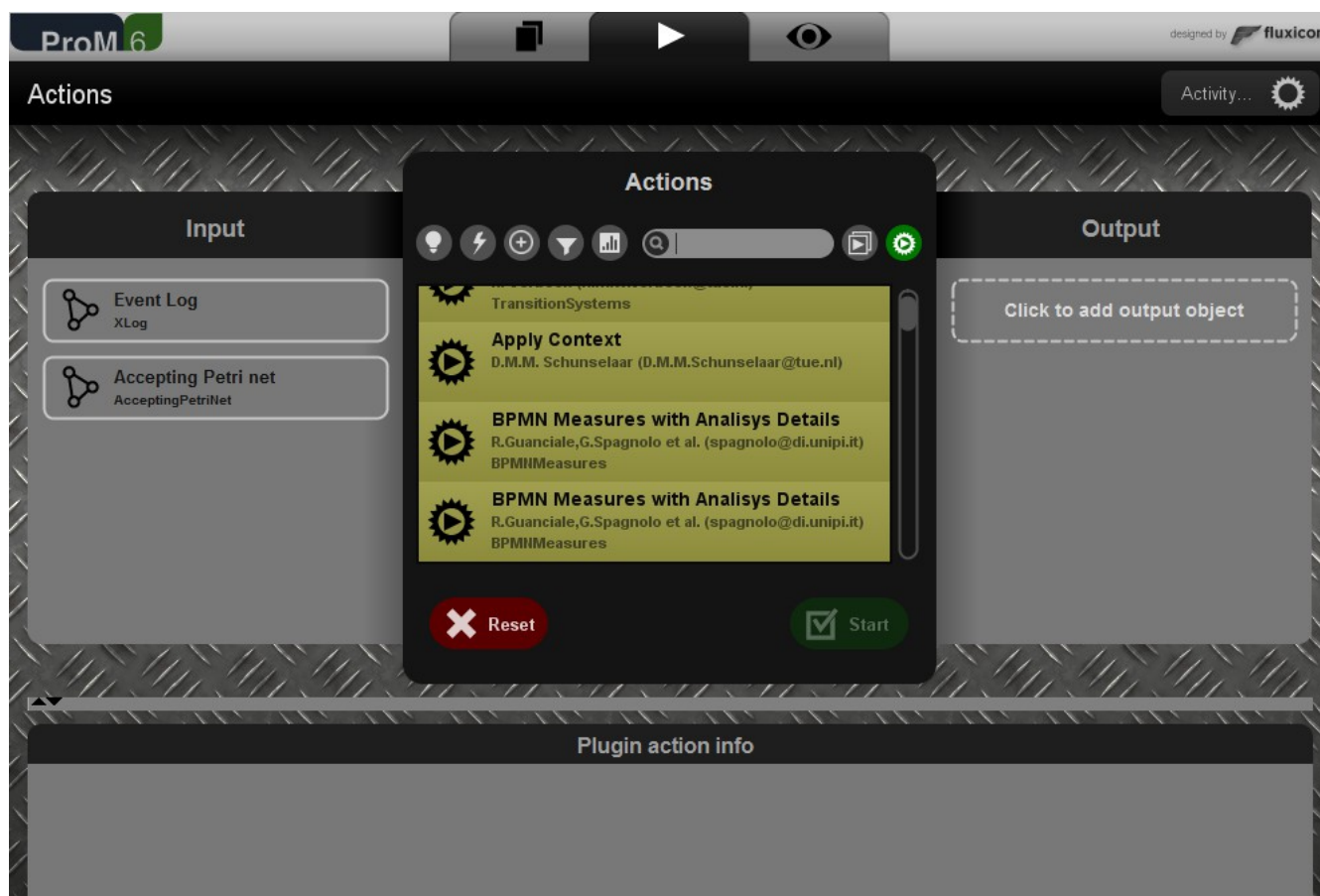
Στην κορυφή του παραθύρου υπάρχουν τρία κουμπιά, κάθε ένα από τα οποία ανοίγει μια καρτέλα με λειτουργίες. Αυτές από αριστερά προς τα δεξιά είναι οι: “Workspace”, “Action” και “View”.



Εικόνα 1: Η καρτέλα Workspace

Η καρτέλα Workspace είναι η πρώτη καρτέλα που εμφανίζεται μόλις ανοίξουμε την εφαρμογή (Εικόνα 1). Ουσιαστικά σε αυτή την καρτέλα εμφανίζονται όλοι οι πόροι (resources) που έχουμε στη διάθεσή μας (όπως αρχεία καταγραφής συμβάντων ή δίκτυα Petri). Οι πόροι αυτοί μπορεί να έχουν εισαχθεί από το χρήστη χρησιμοποιώντας το κουμπί “Import...” πάνω δεξιά ή να έχουν παραχθεί με χρήση κάποιας τεχνικής PM από την καρτέλα Action.

Η καρτέλα Action αποτελείται από τρεις στήλες, τις Input, Actions και Output (Εικόνα 2). Επιλέγοντας μία δράση από τη μεσαία στήλη, δηλαδή μια τεχνική που θέλουμε να εφαρμόσουμε σε κάποια δεδομένα, εμφανίζονται αμέσως τα κατάλληλα στοιχεία στις στήλες Input και Output. Έπειτα μπορούμε να επιλέξουμε τα δεδομένα με τα οποία θέλουμε να τροφοδοτήσουμε τη διαδικασία στη στήλη Input, χρησιμοποιώντας κάποιους από τους πόρους που έχουμε στη διάθεσή μας. Στη στήλη Output εμφανίζονται οι πληροφορίες που θα ληφθούν όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία. Όταν όλα τα στοιχεία της στήλης Input έχουν κατάλληλα δεδομένα, ενεργοποιείται το κουμπί “Start” με το οποίο ξεκινά η διαδικασία. Αν, επιπλέον, υπάρχουν παράμετροι που μπορεί να ρυθμίσει ο χρήστης για τη διαδικασία θα εμφανιστούν σε ένα νέο παράθυρο μόλις πατηθεί το κουμπί.



Εικόνα 2: Η καρτέλα Action

Μόλις ολοκληρωθεί ένα Action μεταφερόμαστε στην καρτέλα View όπου εμφανίζονται τα αποτελέσματά του. Η καρτέλα View εμφανίζει μια προβολή ενός πόρου ή μια επισκόπηση όλων των πόρων που μπορούν να προβληθούν.

## Μετατροπή κατάλληλων αρχείων σε Event Logs

Σε πολλές περιπτώσεις, τα δεδομένα που έχουμε συλλέξει από την εκτέλεση μιας διεργασίας δεν είναι σε κατάλληλα event logs αλλά σε κάποια βάση δεδομένων ή συνήθως σε κάποιο απλό αρχείο κειμένου με μια ορισμένη δομή. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά δυο εναλλακτικές για τη μετατροπή τέτοιων αρχείων σε event logs κατάλληλα για χρήση από το ProM Framework.

### XESame

Μαζί με τις νεότερες εκδόσεις του ProM Framework, παρέχεται δωρεάν και το εργαλείο XESame (τρέχουσα έκδοση 1.5.1), ενός εργαλείου που επιτρέπει την εξαγωγή event logs (σε μορφή .xes) από πηγές δεδομένων που δεν είναι event logs (πχ. αρχεία .csv ή αρχεία .txt). Θεωρείται σκόπιμο να περιγραφεί επιγραμματικά η διαδικασία χρήσης του εργαλείου XESame για μετατροπή αρχείων τύπου “Comma Seperated Values” (.csv) σε αρχεία τύπου “Extensible Event Stream” (.xes), καθώς τα τελευταία είναι σε μορφή κατάλληλη για χρήση από το ProM Framework.

Στη βάση του το XESame χρησιμοποιεί, όπως και το ProM, τη γλώσσα προγραμματισμού Java. Συγκεκριμένα για τη σωστή λειτουργία του XESame είναι αναγκαία η εγκατάσταση του Java Database Connector (JDBC) και της αντίστοιχης γέφυρας με τον Open Database Connector (ODBC) που συνήθως υπάρχει προεγκατεστημένος στα περισσότερα σύγχρονα πληροφοριακά συστήματα. Τα προαπαιτούμενα αυτά μπορούν να ληφθούν χωρίς χρέωση από το διαδίκτυο<sup>[3.11]</sup>. Τα βήματα που πρέπει να εκτελέσει ο χρήστης αφού ληφθούν τα προαπαιτούμενα είναι η δημιουργία (ή εύρεση) ενός αρχείου .csv ή .txt, η σύνδεσή του με τον ODBC, η σύνδεση του XESame με το JAR αρχείο του JDBC και έπειτα η εκτέλεση του XESame για τα κατάλληλα αρχεία που έχουν εισαχθεί και η μετατροπή τους σε αντίστοιχα .xes αρχεία. Αναλυτικές οδηγίες μπορούν να βρεθούν στη σελίδα του XESame<sup>[3.12]</sup>.

### Disco

Μια άλλη εναλλακτική, για τη μετατροπή αρχείων .csv ή .txt σε αρχεία .xes που μπορεί να χρησιμοποιήσει το ProM, είναι το πρόγραμμα Disco (τρέχουσα έκδοση 1.9.0, στο παρελθόν ονομαζόταν Nitro). Είναι ελεύθερο για μικρά σετ δεδομένων και μη εμπορική χρήση, ενώ για περισσότερες δυνατότητες είναι αναγκαία η αγορά άδειας. Επιπλέον παρέχει πρόσθετες λειτουργίες σε σχέση με το XESame όπως τη δημιουργία διαγράμματος της διεργασίας με συχνότητες, κόστη ή χρονική διάρκεια και τροποποίηση ή φιλτράρισμα των δεδομένων που θα εισαχθούν.

Όπως και το XESame, έτσι και το Disco χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού Java στη βάση του, επομένως είναι ανεξάρτητο πλατφόρμας. Σε αντίθεση, όμως με το XESame δεν χρειάζεται σχεδόν καμία ρύθμιση κατά την εκκίνηση, πράγμα που το καθιστά πιο εύχρηστο. Συνολικά αποτελεί μια πιο ευέλικτη λύση από το XESame για μικρά σετ δεδομένων, με μοναδικό περιορισμό την άδειά του.

Στις σελίδες που ακολουθούν, όλα τα event logs που περιγράφονται έχουν δημιουργηθεί με χρήση του Disco δεδομένου του μικρού όγκου τους και της μεγαλύτερης ευελιξίας και ευχρηστίας του. Παρόλα αυτά, τα event logs που χρησιμοποιούνται παρακάτω μπορούν όλα να παραχθούν και με τη χρήση XESame χωρίς ουσιαστικές διαφορές σε τίποτα, πέραν ίσως μερικών τεχνικών χαρακτηριστικών και υπογραφών που περιέχουν εσωτερικά και είναι αδιάφορες στον τελικό χρήστη.

## 4. Τρέχον Παράδειγμα

Έχοντας αναφέρει όλα τα παραπάνω, είναι δυνατόν πλέον να παρουσιαστεί ένα παράδειγμα εφαρμογής των μεθόδων της PM με χρήση του εργαλείου ProM. Το τρέχον παράδειγμα αντλεί έμπνευση από τα σύγχρονα ηλεκτρονικά καταστήματα (e-shops) και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται σε αυτά. Τα δεδομένα του παραδείγματος έχουν προκύψει από προσομοίωση που δημιουργήθηκε σε υπολογιστή. Όλα τα event logs που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται σε απλή και κατανοητή μορφή στο Παράρτημα Ι.

### 4.1. Παραδοχές, περιορισμοί και δομή των δεδομένων

Το τρέχον παράδειγμα αναφέρεται σε ένα ηλεκτρονικό κατάστημα (e-shop) το οποίο δέχεται παραγγελίες από χρήστες μέσω μιας ιστοσελίδας, τις επεξεργάζεται με το προσωπικό που διαθέτει και τελικά τις αποστέλλει στους πελάτες του είτε με δικό του μεταφορικό είτε μέσω μιας εταιρείας courier. Με βάση τα παραπάνω, θεωρείται δεδομένη τόσο η ύπαρξη ενός συστήματος που βοηθά την επιχείρηση με τη διαχείριση των παραγγελιών (καταχώρηση, ενημέρωση κλπ.) όσο και ενός συστήματος καταγραφής συμβάντων.

Λόγω των χρονικών και τεχνικών πλαισίων της παρούσας εργασίας, το παράδειγμα που παρουσιάζεται περιλαμβάνει συνολικά 40 καταγεγραμμένες περιπτώσεις, η καθεμία εκ των οποίων αποτελείται από περίπου 5 με 15 γεγονότα. Οι 40 αυτές περιπτώσεις χωρίζονται σε 5 event logs ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο εύκολα και να παράγουν αποτελέσματα γρηγορότερα και χωρίς μεγάλες ανάγκες υπολογιστικών πόρων.

Όσον αφορά στη δομή των δεδομένων, ακολουθείται ένα από τα πιο συνηθισμένα πρότυπα οργάνωσης event logs. Οι στήλες που απαρτίζουν μια εγγραφή είναι οι εξής:

- **Case ID (Αναγνωριστικό Περίπτωσης):** Αποτελεί το αναγνωριστικό της κάθε περίπτωσης (στο τρέχον παράδειγμα των κωδικό παραγγελίας), δηλαδή έναν αριθμό που προσδιορίζει μοναδικά την κάθε περίπτωση. Στο τρέχον παράδειγμα κάθε περίπτωση κωδικοποιείται με ένα αύξοντα αριθμό.
- **Timestamp (Χρονικό Στιγμιότυπο):** Καταγράφει τη χρονική στιγμή που εκτελέστηκε ένα γεγονός. Στο τρέχον παράδειγμα η μορφή των timestamps είναι dd/MM/yy HH:mm.
- **Activity (Δραστηριότητα):** Κάθε ένα γεγονός αποτελεί μια ξεχωριστή δραστηριότητα για την περίπτωση που μελετάται. Στο τρέχον παράδειγμα υπάρχουν τις περισσότερες φορές γεγονότα τόσο για την εκκίνηση μιας διαδικασίας όσο και για την ολοκλήρωσή της.
- **Resource (Πόρος):** Ως πόροι αναφέρονται τα πρόσωπα ή τα συστήματα που εκτελούν τη διαδικασία. Στο τρέχον παράδειγμα οι πόροι μας είναι τόσο το προσωπικό της επιχείρησης, όσο και το πληροφοριακό σύστημα που καταχωρεί κάποια γεγονότα στο event log.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν στο τρέχον παράδειγμα με τη βοήθεια του ProM Framework, καθώς και τα αποτελέσματά τους, όπου αυτό είναι δυνατόν.

## 4.2. Ανεύρεση Διεργασιών

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το πρώτο βήμα της PM είναι η Ανεύρεση Διεργασιών. Σε αυτή την ενότητα θα μελετηθούν 3 plug-ins του ProM τα οποία εφαρμόζουν τεχνικές της Ανεύρεσης Διεργασιών. Για την εκτέλεση αυτών των plug-in χρησιμοποιείται ένα event log 8 εγγραφών (Event log 1). Το event log που χρησιμοποιείται περιέχει πολύ ευρεία δεδομένα ούτως ώστε τα τελικά μοντέλα που θα προκύψουν να περιγράφουν τη διεργασία που εκτελείται όσο το δυνατόν καλύτερα. Αρχικά θα μελετήσουμε τα αποτελέσματα των τριών plug-in σε σχέση με τις δραστηριότητες της διεργασίας (activities) και έπειτα σε σχέση με τους πόρους, δηλαδή το προσωπικό που τις εκτελεί (resources).

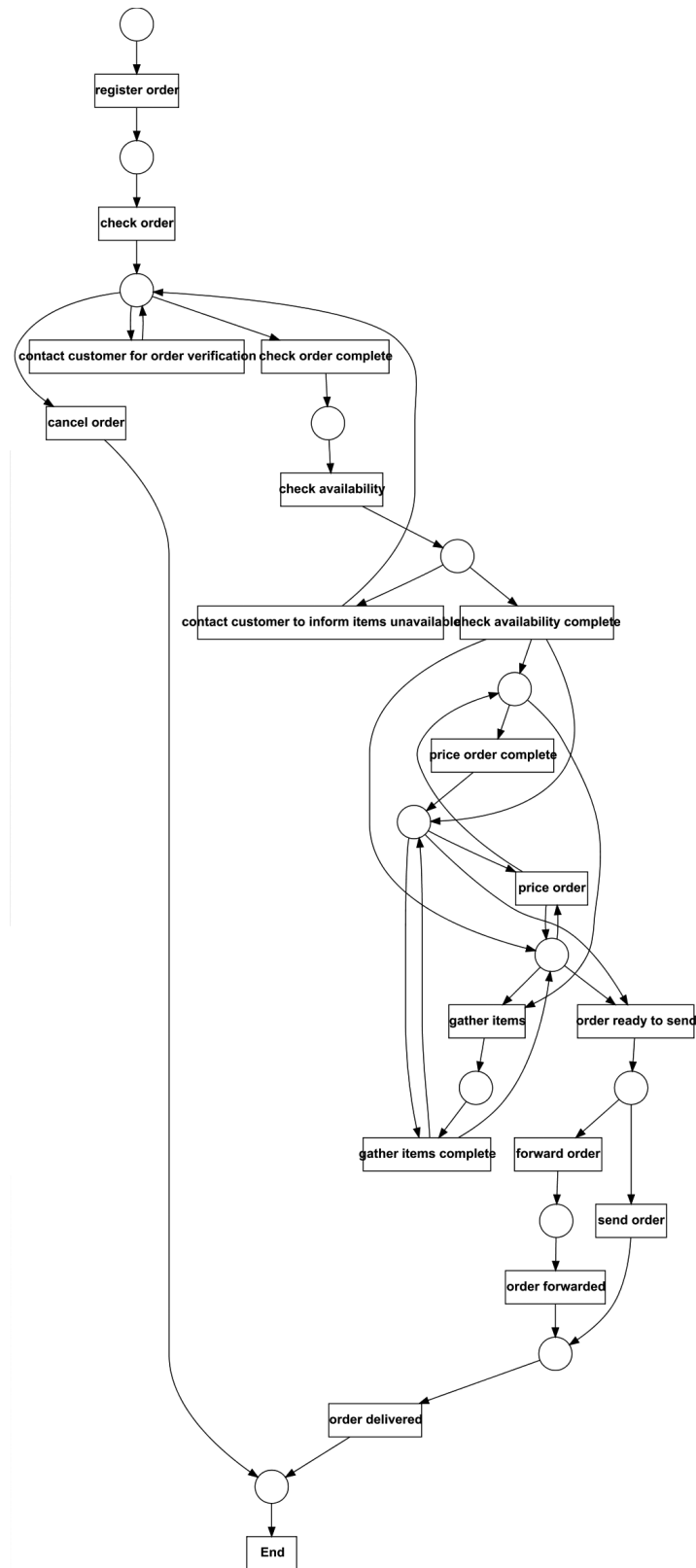
Ένα από τα πιο χρήσιμα plug-in του ProM είναι το “Discover using Decomposition” που έχει υλοποιηθεί από τον H.M.W. Verbeek. Το plug-in αυτό χρησιμοποιεί αποσύνθεση σε ένα event log για να βρει ένα δίκτυο Petri (στο εξής Petri net). Το τελευταίο αποτελεί ένα μαθηματικό μοντέλο για την περιγραφή καταναμεμένων συστημάτων. Απεικονίζεται με ένα κατευθυνόμενο διμερή γράφο στον οποίο οι κόμβοι σηματοδοτούν μεταβάσεις (στο τρέχον παράδειγμα δραστηριότητες), όταν έχουν τη μορφή παραλληλογράμμου, ή σημεία (στο τρέχον παράδειγμα συνθήκες), όταν έχουν τη μορφή κύκλου, και τα τόξα περιγράφουν ποια σημεία είναι συνθήκες εκ των προτέρων ή εκ των υστέρων για ποιες μεταβάσεις.

Το plug-in που χρησιμοποιούμε αρχικά διαχωρίζει το event log σε μικρότερα event logs, έπειτα βρίσκει ένα υποδίκτυο για κάθε ένα από αυτά χρησιμοποιώντας τον ίδιο αλγόριθμο ανεύρεσης, στη συνέχεια αυτά τα υποδίκτυα συνενώνονται σε ένα κατάλληλο Petri net και τελικά εφαρμόζονται γνωστές αναγωγικές τεχνικές και παράγεται το τελικό Petri net.

Το Petri net που προέκυψε (Σχήμα 2) μας δίνει μια καλή εικόνα της διεργασίας που μελετάται. Συνοπτικά η διεργασία ακολουθεί τα εξής στάδια:

1. Εκχώρηση παραγγελίας από το σύστημα
2. Έλεγχος παραγγελίας, προαιρετικά ενημέρωση του πελάτη αν υπάρχει πρόβλημα και ακύρωση αν όντως υπάρχει πρόβλημα, αλλιώς συνέχεια
3. Έλεγχος διαθεσιμότητας, προαιρετικά ενημέρωση του πελάτη αν δεν είναι διαθέσιμα τα προϊόντα και ακύρωση σε τέτοια περίπτωση, αλλιώς συνέχεια
4. Συγκέντρωση προϊόντων ή τιμολόγηση παραγγελίας
5. Τιμολόγηση παραγγελίας ή συγκέντρωση προϊόντων
6. Ενημέρωση από το σύστημα ότι η παραγγελία είναι έτοιμη για αποστολή
7. Αποστολή παραγγελίας με οδηγό της εταιρείας ή προώθηση στην εταιρεία courier, η οποία με τη σειρά της διαχειρίζεται την αποστολή
8. Ολοκλήρωση της παραγγελίας

Πέραν του plug-in που χρησιμοποιήσαμε υπάρχουν και άλλα που παράγουν ένα πανομοιότυπο Petri net ή κάποιο αρκετά παρεμφερές με βάση τις παραμέτρους που θα ορίσει ο χρήστης. Τέτοια είναι τα “Mine for a Petri Net using ILP” - T. van der Wiel και “ILP-Based Process Discovery” - S.J. van Zeist, τα οποία είναι πιο ευέλικτα με βάση τις επιλογές του χρήστη.



Σχήμα 2: Το Petri net που προέκυψε από την εκτέλεση του plug-in "Discover using Decomposition"

Ένα άλλο χρήσιμο plug-in Ανεύρεσης Διεργασιών είναι το “Mine for a Fuzzy Model” που εξάγει ένα μοντέλο της διεργασίας από το event log και έχει υλοποιηθεί από τον H.M.W. Verbeek. Το plug-in αυτό ευρίσκει ένα ασαφές μοντέλο από τα δεδομένα που εισάγονται, δηλαδή ένα μοντέλο που εμπίπτει στους κανόνες της ασαφούς λογικής. Η τελευταία είναι μια μορφή πολύ-τιμης λογικής στην οποία οι τιμές αληθείας των μεταβλητών είναι πραγματικοί αριθμοί μεταξύ του 0 και του 1, σε αντίθεση με τη δίτιμη Boolean λογική που οι τιμές της είναι μονάχα οι ακέραιοι 0 ή 1. Κατά την εκκίνηση αυτού του plug-in απαιτείται από το χρήστη η επιλογή μετρικών (στο τρέχον παράδειγμα χρησιμοποιήσαμε την προεπιλογή του ProM, δηλαδή όλες οι μετρικές active με βάρος 1) και εξασθένησης (στο τρέχον παράδειγμα χρησιμοποιούνται οι προεπιλεγμένες τιμές του ProM).

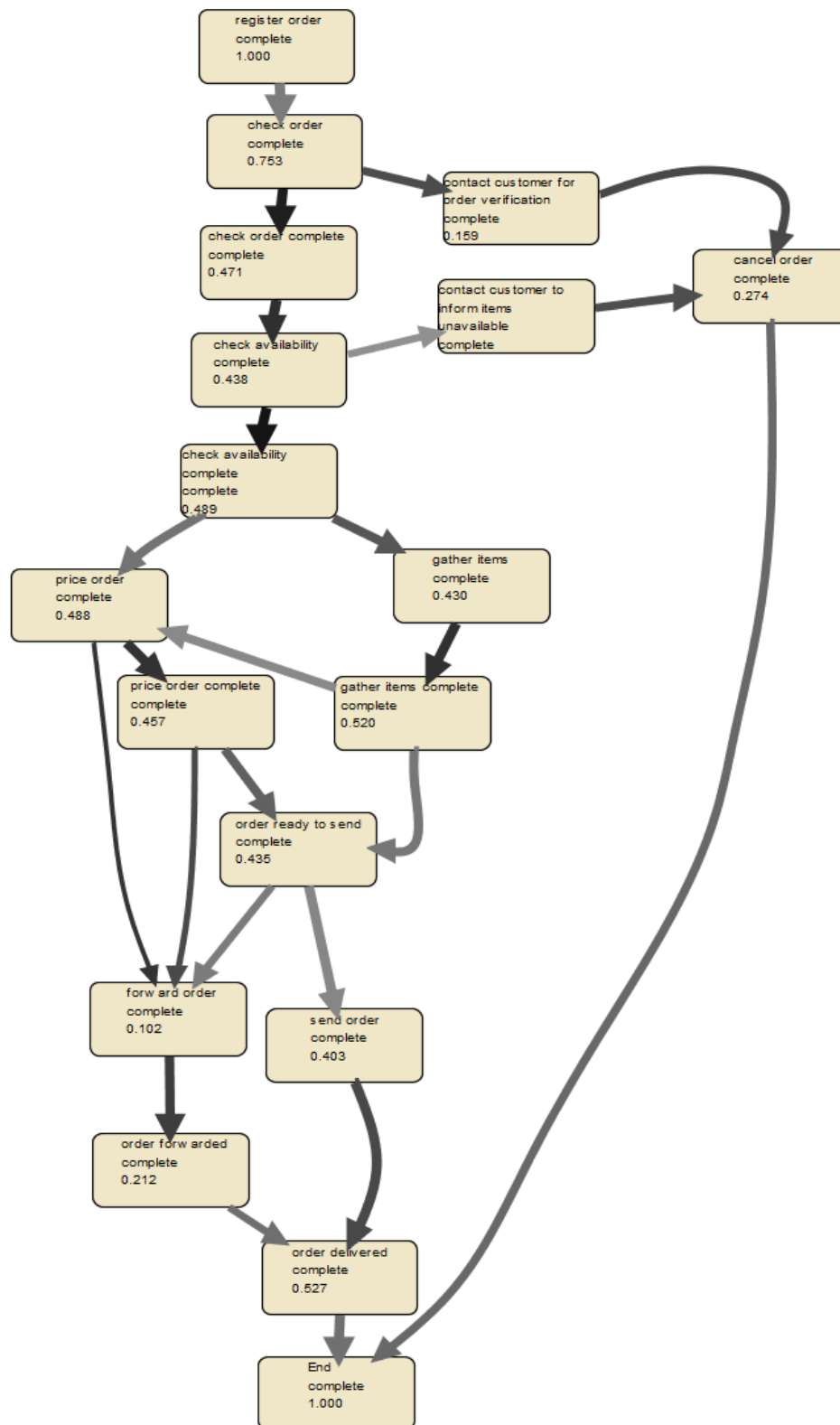
Το μοντέλο που προκύπτει (Σχήμα 3) δε διαφέρει κατά πολύ από το Petri net που προέκυψε από το προηγούμενο plug-in, παρόλα αυτά μοιάζει πιο απλοϊκό, καθώς οι μεταβάσεις υπό συνθήκη έχουν συγχωνευθεί σε καταστάσεις και τόξα με γκρι χρώμα. Επιπλέον σε κάθε μια κατάσταση είναι δυνατόν να δει κανείς την πιθανότητα που έχει αυτή να συμβεί κατά την εκτέλεση μίας περίπτωσης, επομένως μπορούμε να προβλέψουμε πόσο πιθανό είναι να υπάρχει κάποιο πρόβλημα στη διαδικασία που οδηγεί σε ακύρωση της παραγγελίας ή πόσο πιθανό είναι να χρειαστεί να επικοινωνήσει κάποιος με τον πελάτη.

	cancel order	check availability	check availability complete	check order	check order complete	contact customer for order verification	contact customer to inform items unavailable	forward order	gather items	gather items complete	order delivered	order forwarded	order ready to send	price order	price order complete	register order	send order
End	-0.7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
cancel order	0.67	-0.73	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
check availability	-1	-1	-0.79	0.86	-1	-1	-1	0.5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
check availability complete	-1	-1	-1	-0.78	-1	-1	-1	-1	-1	0.75	-1	-1	-1	-1	0.75	-1	-1
check order	-1	-1	-1	-1	-0.8	0.86	0.67	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
check order complete	-1	-1	0.87	-1	-1	-0.8	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
contact customer for order verification	-1	0.5	-1	-1	-1	0.5	-0.73	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
contact customer to inform items unavailable	-1	0.5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
forward order	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.5	-1	-1	-1	-1
gather items	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.78	0.83	-1	-1	-1	-1	-0.56	-1
gather items complete	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.75	0.75	-1	-1
order delivered	0.85	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.78	-1	-1	-1	-1	-1
order forwarded	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.5	-1	-1	-1	-1	-1
order ready to send	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1
price order	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.5	-1	-1	-1	-1	-1	0.83	-1
price order complete	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.34	0.5	-1	-1	0.75	-1	-0.78	-1
register order	-1	-1	-1	-1	0.89	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.75
send order	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.83333333	-1	-1	-1	-1	-1

Πίνακας 1: Η μήτρα που προκύπτει με χρήση του plug-in “Discover Matrix”

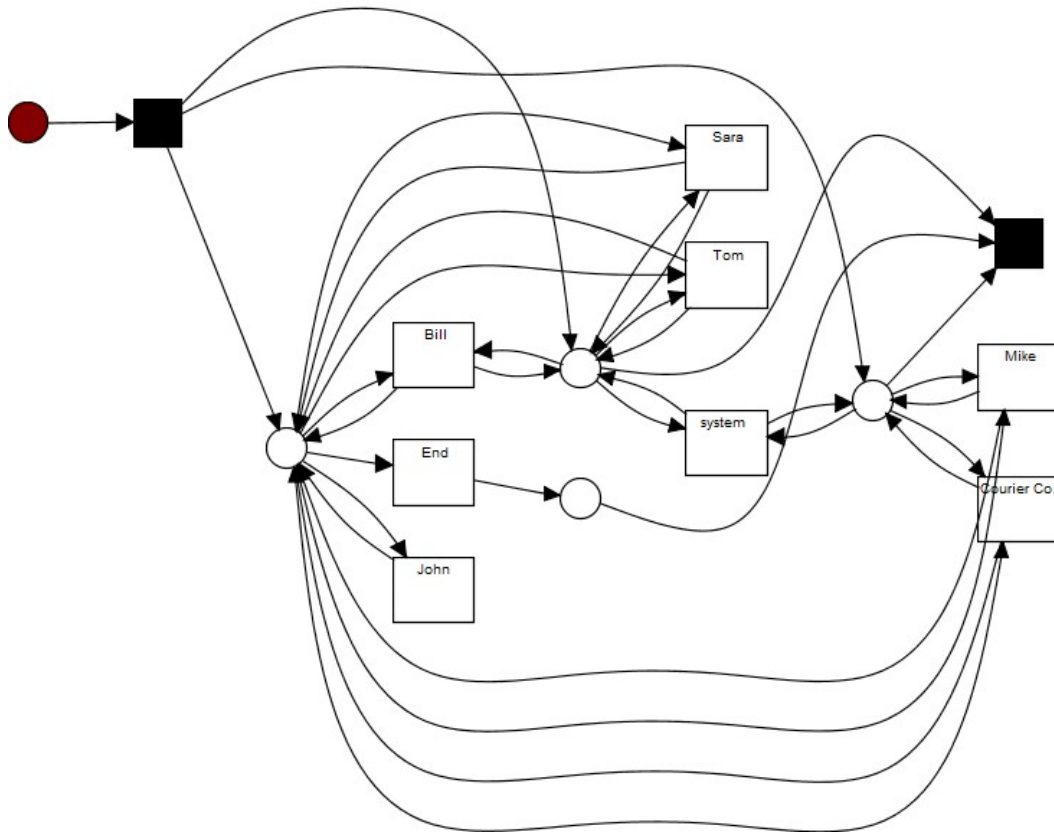
Μια τελευταία εφαρμογή της PM που αφορά στην Ανεύρεση Διεργασιών είναι αυτή του plug-in “Discover Matrix”, επίσης σε υλοποίηση H.M.W. Verbeek. Χρησιμοποιώντας αυτό το plug-in εξάγουμε μια μήτρα περιστασιακής δραστηριότητας, χρησιμοποιώντας ένα αλγόριθμο που υπολογίζει την τιμή κάθε κελιού στη μήτρα. Ένα κελί παίρνει την τιμή 1 όταν υπάρχει μια περιστασιακή σχέση από τη γραμμή στη στήλη, την τιμή -1 όταν δεν υπάρχει και την τιμή 0 όταν δεν είναι γνωστό. Η μήτρα που προκύπτει για το event log που χρησιμοποιούμε δίνεται στον Πίνακα 1. Στο τρέχον παράδειγμα χρησιμοποιήθηκε ο Midi Miner.





Σχήμα 3: Το ασαφές μοντέλο που προέκυψε από το plug-in "Mine for a Fuzzy Model"

Τα plug-ins “Discover using Decomposition” και “Discover Matrix” μπορούν να εφαρμοστούν και για τους πόρους της διεργασίας, παρέχοντας καλύτερη κατανόηση για το πως λειτουργεί η διεργασία παραγγελίας, συγκέντρωσης και διανομής προϊόντων από πλευράς προσωπικού. Τα αποτελέσματα των plug-ins παρουσιάζονται στο Σχήμα 4 και τον Πίνακα 2.



Σχήμα 4: Αποτέλεσμα του plug-in "Discover using Decomposition" με βάση τους πόρους

	Bill	Courier Co.	End	John	Mike	Sara	Tom	system
Bill	0	-1	0.75	-1	-1	-1	-1	-1
Courier Co.	-1	-1	0.5	-1	-1	-1	-1	-1
End	-1	-1	-0.36	-1	-1	-1	-1	-1
John	-1	-1	0.5	0	0.8	-0.74	-1	-0.56
Mike	-1	0.5	-1	-1	0	0	-1	0.375
Sara	-1	-1	0.5	-0.48	0	0	-1	-1
Tom	-1	-1	0.67	-1	-1	-1	0	-1
system	0.75	-1	-1	-0.3	-0.375	0.75	0.67	-0.59

Πίνακας 2: Αποτέλεσμα του plug-in "Discover Matrix" με βάση τους πόρους

### 4.3. Έλεγχος Συμμόρφωσης

## Παράρτημα Ι: Αρχεία καταγραφής συμβάντων του παραδείγματος

Στο παράδειγμα που περιγράφεται παραπάνω, έχουν χρησιμοποιηθεί κάποια event logs σαν δεδομένα για την εφαρμογή των μεθόδων PM με χρήση του εργαλείου ProM. Τα δεδομένα που περιέχουν παρουσιάζονται στους πίνακες που εμφανίζονται παρακάτω.

Όσον αφορά στη δομή των δεδομένων, ακολουθείται ένα από τα πιο συνηθισμένα πρότυπα οργάνωσης event logs. Οι στήλες που απαρτίζουν μια εγγραφή είναι οι εξής:

- **Case ID** (Αναγνωριστικό Περίπτωσης): Αποτελεί το αναγνωριστικό της κάθε περίπτωσης (στο τρέχον παράδειγμα των κωδικό παραγγελίας), δηλαδή έναν αριθμό που προσδιορίζει μοναδικά την κάθε περίπτωση. Στο τρέχον παράδειγμα κάθε περίπτωση κωδικοποιείται με ένα αύξοντα αριθμό.
- **Timestamp** (Χρονικό Στιγμιότυπο): Καταγράφει τη χρονική στιγμή που εκτελέστηκε ένα γεγονός. Στο τρέχον παράδειγμα η μορφή των timestamps είναι dd/MM/yy HH:mm.
- **Activity** (Δραστηριότητα): Κάθε ένα γεγονός αποτελεί μια ξεχωριστή δραστηριότητα για την περίπτωση που μελετάται. Στο τρέχον παράδειγμα υπάρχουν τις περισσότερες φορές γεγονότα τόσο για την εκκίνηση μιας διαδικασίας όσο και για την ολοκλήρωσή της.
- **Resource** (Πόρος): Ως πόροι αναφέρονται τα πρόσωπα ή τα συστήματα που εκτελούν τη διαδικασία. Στο τρέχον παράδειγμα οι πόροι μας είναι τόσο το προσωπικό της επιχείρησης, όσο και το πληροφοριακό σύστημα που καταχωρεί κάποια γεγονότα στο event log.

Case ID	Timestamp	Activity	Resource
1	26/09/15 09:06	register order	system
1	26/09/15 09:34	check order	John
1	26/09/15 09:34	check order complete	John
1	26/09/15 09:34	check availability	John
1	26/09/15 09:34	check availability complete	John
1	26/09/15 09:35	gather items	John
1	28/09/15 14:58	gather items complete	John
1	28/09/15 15:17	price order	Mike
1	28/09/15 15:18	price order complete	Mike
1	28/09/15 15:18	order ready to send	system
1	29/09/15 12:03	send order	Tom
1	29/09/15 12:41	order delivered	Tom
2	26/09/15 12:11	register order	system
2	26/09/15 12:37	check order	Sara
2	26/09/15 12:38	check order complete	Sara
2	26/09/15 12:38	check availability	Sara

Case ID	Timestamp	Activity	Resource
2	26/09/15 12:40	check availability complete	Sara
2	26/09/15 12:42	price order	Sara
2	26/09/15 12:51	price order complete	Sara
2	26/09/15 13:31	gather items	John
2	27/09/15 19:37	gather items complete	John
2	27/09/15 19:38	order ready to send	system
2	28/09/15 10:12	send order	Bill
2	28/09/15 12:09	order delivered	Bill
3	27/09/15 10:33	register order	system
3	27/09/15 11:22	check order	John
3	27/09/15 11:23	check order complete	John
3	27/09/15 11:24	check availability	John
3	28/09/15 08:42	check availability complete	John
3	28/09/15 08:48	gather items	John
3	30/09/15 11:47	gather items complete	John
3	30/09/15 18:59	price order	Mike
3	30/09/15 19:22	price order complete	Mike
3	30/09/15 19:22	order ready to send	system
3	31/09/15 09:21	forward order	Mike
3	31/09/15 09:27	order forwarded	Mike
3	31/09/15 09:56	order delivered	Courier Co.
4	27/09/15 13:27	register order	system
4	27/09/15 13:42	check order	Sara
4	27/09/15 13:43	contact customer for order verification	Sara
4	27/09/15 13:47	check order complete	Sara
4	27/09/15 13:47	check availability	Sara
4	27/09/15 13:48	check availability complete	Sara
4	27/09/15 13:48	price order	John
4	27/09/15 13:49	price order complete	John
4	27/09/15 13:50	gather items	Mike
4	29/09/15 11:04	gather items complete	Mike
4	29/09/15 11:05	order ready to send	system
4	29/09/15 12:03	send order	Tom
4	29/09/15 12:17	order delivered	Tom
5	27/09/15 14:11	register order	system

Case ID	Timestamp	Activity	Resource
5	27/09/15 14:13	check order	John
5	27/09/15 14:14	check order complete	John
5	27/09/15 14:15	check availability	John
5	27/09/15 15:03	contact customer to inform items unavailable	Sara
5	27/09/15 15:07	cancel order	Sara
6	27/09/15 16:11	register order	system
6	27/09/15 17:12	check order	Mike
6	27/09/15 17:12	check order complete	Mike
6	27/09/15 17:12	check availability	Mike
6	27/09/15 17:12	check availability complete	Mike
6	27/09/15 17:13	price order	Sara
6	27/09/15 17:15	gather items	Mike
6	27/09/15 17:22	price order complete	Sara
6	27/09/15 19:41	gather items complete	Mike
6	27/09/15 19:41	order ready to send	system
6	28/09/15 10:12	send order	Bill
6	28/09/15 13:01	order delivered	Bill
7	28/09/15 08:57	register order	system
7	28/09/15 08:58	check order	Sara
7	28/09/15 08:58	check order complete	Sara
7	28/09/15 08:59	check availability	John
7	28/09/15 08:59	check availability complete	John
7	28/09/15 09:00	gather items	John
7	28/09/15 09:39	gather items complete	John
7	28/09/15 09:40	price order	Mike
7	28/09/15 09:42	price order complete	Mike
7	28/09/15 09:42	order ready to send	system
7	28/09/15 10:12	send order	Bill
7	28/09/15 11:00	order delivered	Bill
8	28/09/15 09:12	register order	system
8	28/09/15 09:17	check order	John
8	28/09/15 09:18	contact customer for order verification	John
8	28/09/15 09:49	cancel order	John

*Event log 1: To event log που χρησιμοποιείται στα plug-ins της Ανεύρεσης Διεργασιών*



## Βιβλιογραφικές και ηλεκτρονικές αναφορές

### [1] Βιβλία:

- [1.1] W. van der Aalst, Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes – Springer Verlag [ISBN: 978-364-219-344-6]

### [2] Άρθρα, Δημοσιεύσεις:

- [2.1] M. Castellanos, A.K.A. de Medeiros, J. Mendling, B. Weber & A.J.M.M. Weijters, Business Process Intelligence – IGI Global, 2009
- [2.2] D. Grigori, F. Casati, M. Castellanos, U. Dayal, M. Sayal & M. Shan, Business Process Intelligence – Computers in Industry, 2004
- [2.3] F. Casati, U. Dayal, M. Sayal & M. Shan, Business Process Intelligence – Hewlett-Packard Company, 2002
- [2.4] D. Grigori, F. Casati, U. Dayal & M. Shan, Improving Business Process Quality through Exception Understanding, Prediction and Prevention – Hewlett-Packard Company, 2002
- [2.5] W.M.P. van der Aalst, A. Adriansyah & B.F. van Dongen, Replaying History on Process Models for Conformance Checking and Performance Analysis – Eindhoven University of Technology, 2012
- [2.6] B.F. van Dongen, A.K.A. de Medeiros, H.M.W. Verbeek, A.J.M.M. Weijters & W.M.P. van der Aalst, The ProM framework: A new era in process mining tool support - Eindhoven University of Technology, 2006
- [2.7] A.K.A. de Medeiros & A.J.M.M. Weijters, ProM Framework Tutorial – Eindhoven University of Technology, 2008
- [2.8] J.C.A.M. Buijs, Mapping Data Sources to XES in a Generic Way, Eindhoven University of Technology, 2010

### [3] Ιστοσελίδες:

- [3.1] ProM Tools (<http://www.promtools.org/doku.php>) [Προσπελάστηκε 26/10/2015]
- [3.2] Business Intelligence – Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_intelligence](https://en.wikipedia.org/wiki/Business_intelligence)) [Προσπελάστηκε 12/10/2015]
- [3.3] Process Mining – Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Process\\_mining](https://en.wikipedia.org/wiki/Process_mining)) [Προσπελάστηκε 17/10/2015]
- [3.4] Data Warehouse – Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_warehouse](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_warehouse)) [Προσπελάστηκε 13/10/2015]
- [3.5] Business Process Management – Wikipedia ([https://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_process\\_management](https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_management)) [Προσπελάστηκε 13/10/2015]
- [3.6] Business Process Analysis (<http://www.netmba.com/operations/process/analysis/>) [Προσπελάστηκε 13/10/2015]
- [3.7] Regulatory Compliance – Wikipedia



- ([https://en.wikipedia.org/wiki/Regulatory\\_compliance](https://en.wikipedia.org/wiki/Regulatory_compliance)) [Προσπελάστηκε 13/10/2015]
- [3.8] Business Process Discovery – Wikipedia  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_process\\_discovery](https://en.wikipedia.org/wiki/Business_process_discovery)) [Προσπελάστηκε 14/10/2015]
- [3.9] Business Activity Monitoring – Wikipedia  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_activity\\_monitoring](https://en.wikipedia.org/wiki/Business_activity_monitoring)) [Προσπελάστηκε 14/10/2015]
- [3.10] Conformance Checking – Wikipedia  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Conformance\\_checking](https://en.wikipedia.org/wiki/Conformance_checking)) [Προσπελάστηκε 17/10/2015]
- [3.11] MySQL – Download Connector/J (<http://dev.mysql.com/downloads/connector/j/>)  
[Προσπελάστηκε 26/10/2015]
- [3.12] Running the XESame examples (<http://www.processmining.org/xesame/examples>)  
[Προσπελάστηκε 26/10/2015]
- [3.13] Process Mining and Automated Process Discovery Software for Professionals – Fluxicon  
Disco (<https://fluxicon.com/disco/>) [Προσπελάστηκε 26/10/2015]
- [3.14] XES (<http://www.xes-standard.org/>) [Προσπελάστηκε 26/10/2015]