



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Αυτοματοποίηση της διαδικασίας κατανομής εργασιών, μέσω ενός μοντέλου
που βασίζεται στις ικανότητες των εργαζομένων**

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΓΙΓΗΣ

1047256

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΜΟΥΡΤΖΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

**Διπλωματική εργασία που υποβλήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών &
Αεροναυπηγικής**

στο Πανεπιστήμιο Πατρών

ΠΑΤΡΑ, Σεπτέμβρης 2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Γεώργιος Γιγής

© 2021 – Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας δεν υποδηλοί την αποδοχή των γνώμών του συγγραφέα.
Κατά τη συγγραφή τηρήθηκαν οι αρχές της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Πίνακας με Επεξηγήσεις Ορολογίας

Multi Criteria Decision Making (MCDM)	Η πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων είναι μια τεχνική για την αντιμετώπιση προβλημάτων λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων
Multi Criteria Optimization (MCO)	Η βελτιστοποίηση πολλαπλών κριτηρίων είναι ένας τομέας λήψης αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων που ασχολείται με μαθηματικά προβλήματα βελτιστοποίησης που περιλαμβάνουν περισσότερες από μία αντικειμενικές λειτουργίες που πρέπει να βελτιστοποιηθούν ταυτόχρονα
Assembly Line (AL)	Γραμμή συναρμολόγησης
Multi Model Assembly and Mixed Model Assembly (MMALs)	Η συναρμολόγηση πολλαπλών μοντέλων είναι ένας τύπος γραμμής συναρμολόγησης όπου συγκεντρώνονται διάφορα διαφορετικά είδη ενός προϊόντος
Assembly Line Balancing Problem (ALBP)	Η εξισορρόπηση γραμμών συναρμολόγησης είναι η διαδικασία βελτιστοποίησης της ροής εργασίας και της αποδοτικότητας παραγωγής
Enterprise Resource Planning (ERP)	Τα συστήματα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού ενσωματώνουν εσωτερικές και εξωτερικές πληροφορίες διαχείρισης σε έναν ολόκληρο οργανισμό
Free/Libre Open-Source Software (FLOSS)	Ως Ελεύθερο Λογισμικό και Λογισμικό Ανοιχτού Κώδικα ορίζεται το λογισμικό το οποίο μπορεί να κατηγοριοποιηθεί και ως ελεύθερο λογισμικό και ως λογισμικό ανοικτού κώδικα
European Qualifications Framework	Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Επαγγελματικών Προσόντων
Advanced Manufacturing (AM)	Η προηγμένη κατασκευή είναι η χρήση καινοτόμων τεχνολογιών για τη βελτίωση προϊόντων ή διαδικασιών, με τη σχετική τεχνολογία να περιγράφεται ως «προηγμένη», «καινοτόμα» ή «αιχμής».
Language of Work model (LOW)	Μοντέλο γλώσσας εργασίας
Registered Training Organizations (RTOs)	Εγγεγραμμένοι Οργανισμοί Κατάρτισης
Task Allocation (TA)	Καταμερισμός Εργασιών

Linear Assignment Problem (LAP)	Πρόβλημα γραμμικής ανάθεσης
Assignment Problem Recognizing Agent Qualification (APRAQ)	Πρόβλημα ανάθεσης αναγνώρισης προσόντων παράγοντα
Bottleneck Assignment Problem (BAP)	Πρόβλημα εκχώρησης συμφόρησης
Fair Matching Problem (FMP)	Δίκαιο πρόβλημα αντιστοίχισης
Minimum Deviation Assignment Problem (MDAP)	Πρόβλημα εκχώρησης ελάχιστης απόκλισης
Semi-assignment Problem (SAP)	Πρόβλημα ημι-ανάθεσης
Assignment Problem with Side Constraints (APSC)	Πρόβλημα εκχώρησης με πλευρικούς περιορισμούς
Analytical Hierarchy Process (AHP)	Αναλυτική διαδικασία ιεράρχησης
Hungarian Algorithm (HA)	Ουγγρικός Αλγόριθμος
Weight Factors (WF)	Συντελεστές Βαρύτητας

Περίληψη

Η βιομηχανία 4.0 έχει δημιουργήσει αρκετές προκλήσεις για το ανθρώπινο στοιχείο στο εργασιακό περιβάλλον. Με την αναδυόμενη βιομηχανία 5.0, το εργατικό δυναμικό λαμβάνει έναν ακόμη πιο απαραίτητο ρόλο, της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας στις καθημερινές λειτουργίες μιας μονάδας παραγωγής και της διασφάλισης ότι η υιοθέτηση νέων λύσεων είναι επιτυχής, ενώ ταυτόχρονα αλλάζει το ρόλο του, από την εκτέλεση εργασιών, στην καινοτομία και την επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο ανθρώπινος φορέας μετατοπίζει την εστίασή του σε πιο δημιουργικές και στρατηγικές θέσεις εργασίας, η διαδικασία κατανομής καθηκόντων θα αντιμετωπίσει νέες προκλήσεις και οι τεχνολογικές εξελίξεις θα πρέπει να τους παρέχουν λύσεις. Σήμερα, οι θέσεις εργασίας ανατίθενται σε άτομα με βάση τη διαίσθηση και την κρίση του επόπτη, σπαταλώντας σημαντικό χρόνο από τον καθορισμό της εργασίας μέχρι την εύρεση του πιο εξειδικευμένου υπαλλήλου για τη συγκεκριμένη θέση εργασίας και χωρίς τεκμηρίωση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων. Αν και, οι ικανότητες έχουν συζητηθεί διεξοδικά τα τελευταία χρόνια, εξακολουθεί να υπάρχει περιθώριο βελτίωσης στη μέτρηση και τη σύγκριση των διαφορετικών ικανοτήτων των χειριστών, μηχανικών και τεχνικών, και στη χρήση των αποτελεσμάτων για τη διαχείριση του ανθρώπινου κεφαλαίου. Για να εξερευνηθούν οι δυνατότητες της διαδικασίας κατανομής καθηκόντων, οι ικανότητες θα χρησιμοποιηθούν ως κριτήρια λήψης αποφάσεων, με στόχο την επίτευξη της καλύτερης δυνατής απόδοσης, μέσω ενός αυτοματοποιημένου συστήματος που θα βοηθήσει τον διαχειριστή έργου να βρει τη βέλτιστη κατανομή των καθηκόντων στο διαθέσιμο ανθρώπινο δυναμικό. Το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε ένα έργο όσο και σε μια γραμμή παραγωγής, επειδή μπορεί να εκτελεστεί με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και οι μεθοδολογίες κατανομής εργασιών είναι παρόμοιες, με μόνη διαφορά το χρονικό ορίζοντα της εργασίας. Προκειμένου να επικυρωθεί η δυνατότητα εφαρμογής του προτεινόμενου συστήματος και του παραγόμενου αλγορίθμου, εξετάστηκε περιπτωσιολογική μελέτη που προέκυψε από ναυτιλιακή εταιρεία, με στόχο την κατανομή με τον βέλτιστο τρόπο των ναυτικών στα πλοία και τη διατήρηση ισορροπημένου επιπέδου ικανοτήτων στα πλοία του στόλου.

Λέξεις-κλειδιά: *Ικανότητες, Χάσμα ικανοτήτων, Κατανομή εργασιών, Χρονικός Προγραμματισμός, Βελτιστοποίηση διεργασιών*

1. Εισαγωγή

Για την ανάπτυξη μιας ανθρωποκεντρικής στρατηγικής για την ανάπτυξη ενός οργανισμού, είναι ζωτικής σημασίας η διοίκηση να αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο κεφάλαιο ως στοιχείο προστιθέμενης αξίας. Για να αποκαλυφθεί το πλήρες δυναμικό του εργατικού δυναμικού, οι βασικές ικανότητες πρέπει να προσδιοριστούν και να συνδυαστούν με όλες τις εργασίες που εκτελούνται σε μια επιχειρηματική μονάδα. Μέχρι το 2025, 85 εκατομμύρια θέσεις εργασίας μπορεί να εκτοπιστούν λόγω αλλαγής του καταμερισμού της εργασίας μεταξύ ανθρώπων και μηχανών, ενώ ο χρόνος που δαπανάται από ανθρώπους και ρομπότ θα είναι ισορροπημένος. Εν συνεχεία, το 44% των δεξιοτήτων που θα χρειαστούν οι εργαζόμενοι για να εκτελέσουν αποτελεσματικά τους ρόλους τους θα αλλάξει.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, προκύπτει η έννοια του “Industry 5.0” , παρέχοντας ένα όραμα της βιομηχανίας που στοχεύει πέρα από την αποδοτικότητα και την παραγωγικότητα ως μοναδικό στόχο της, και ενισχύει το ρόλο και τη συμβολή της βιομηχανίας στην κοινωνία. Τοποθετεί την ευημερία του εργατικού δυναμικού στο επίκεντρο της παραγωγικής διαδικασίας και επιτρέπει στις νέες τεχνολογίες να παρέχουν ευημερία πέρα από θέσεις εργασίας και ανάπτυξη, σεβόμενοι τους περιορισμένους πόρους του πλανήτη. Συμπληρώνει την υπάρχουσα προσέγγιση “Industry 4.0” θέτοντας συγκεκριμένα την έρευνα και την καινοτομία στην υπηρεσία της μετάβασης σε μια βιώσιμη, ανθρωποκεντρική και ανθεκτική βιομηχανία.

Ο όρος ικανότητα μπορεί να οριστεί ως: "Η ικανότητα ενός ατόμου να επιτύχει (σύμφωνα με ορισμένα επίσημα ή άτυπα κριτήρια, που ορίζει ο ίδιος ή κάποιος άλλος) να χειριστεί συγκεκριμένες καταστάσεις ή να ολοκληρώσει μια συγκεκριμένη εργασία ή εργασία". Αυτή η ικανότητα μπορεί να οριστεί με βάση τις δεξιότητες αντίληψης (επιδεξιότητα), γνωστικούς παράγοντες (διαφορετικούς τύπους γνώσεων και διανοητικών δεξιοτήτων), συναισθηματικούς παράγοντες (στάσεις, αξίες, κίνητρα), χαρακτηριστικά προσωπικότητας (αυτοπεποίθηση) και κοινωνικές δεξιότητες (επικοινωνιακές και συνεργατικές δεξιότητες). Η διαφορά μεταξύ «δεξιοτήτων» και «ικανοτήτων» έγκειται στο γεγονός ότι οι δεξιότητες αναφέρονται στις συγκεκριμένες ικανότητες που είναι απαραίτητες κατά την εκτέλεση μιας εργασίας, ενώ από την άλλη η ικανότητα αφορά τη συμπεριφορά και τη γνώση που διαθέτει ένα άτομο και αξιοποιεί

για να επιτύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η ικανότητα αφορά την εκτέλεση μιας εργασίας και η ικανότητα αφορά τον τρόπο με τον οποίο ένα άτομο εκτελεί με επιτυχία μια δουλειά.

Η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί εσωτερική κινητικότητα για την κάλυψη κενών θέσεων είναι ένας πολύ καλός τρόπος για τη διαχείριση της έλλειψης ταλέντου. Πληροφορίες που βασίζονται σε δεδομένα και τεχνητή νοημοσύνη ενδυναμώνουν τους ανθρώπους να κάνουν προσωπικές επιλογές σχετικά με την καριέρα τους.

Η αναβάθμιση των δεξιοτήτων και η επανεκπαίδευση είναι επιτακτική ανάγκη της επιχείρησης και όχι απλώς ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Οι συνεργασίες μεταξύ οργανισμών θα μπορούσαν να καταστήσουν την ανάπτυξη ταλέντων και την κινητικότητα βασικούς μοχλούς στρατηγικής και ανάπτυξης. Τα εργοστάσια εκμάθησης πρέπει να επιτρέπουν ατομικές διαδρομές εκμάθησης, καθώς και πρακτικά υποστηριζόμενες και εξ αποστάσεως εκπαιδεύσεις για εξάσκηση. Στη συνέχεια, μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτή τη γνώση για να κατανείμει τις εργασίες με τρόπο που ταιριάζει στις δεξιότητες ενός εργαζομένου. Ένα σημαντικό όφελος είναι η ικανότητα εκτίμησης του χάσματος ικανοτήτων και η δημιουργία ενός κατάλληλου σχεδίου κατάρτισης.

2. Προτεινόμενη Μεθοδολογία

Ο στόχος αυτής της μελέτης είναι να εκχωρήσει αυτόματα και με τον βέλτιστο τρόπο μια εργασία σε έναν εργαζόμενο και να κλιμακωθεί αυτή η λειτουργία σε όλες τις δραστηριότητες ενός οργανισμού. Τα βασικά κριτήρια επιλογής θα είναι η ικανότητα, μαζί με την εμπειρία, τις γνώσεις, το περιθώριο ανάπτυξης και τη στάση απέναντι στην εργασία. Επιπλέον, προτείνεται μια μεθοδολογία για την επίλυση του προβλήματος της κατανομής των καθηκόντων και αναπτύσσεται ένα πρωτότυπο για μια πιο ολιστική προσέγγιση όσον αφορά το ερευνητικό έργο.

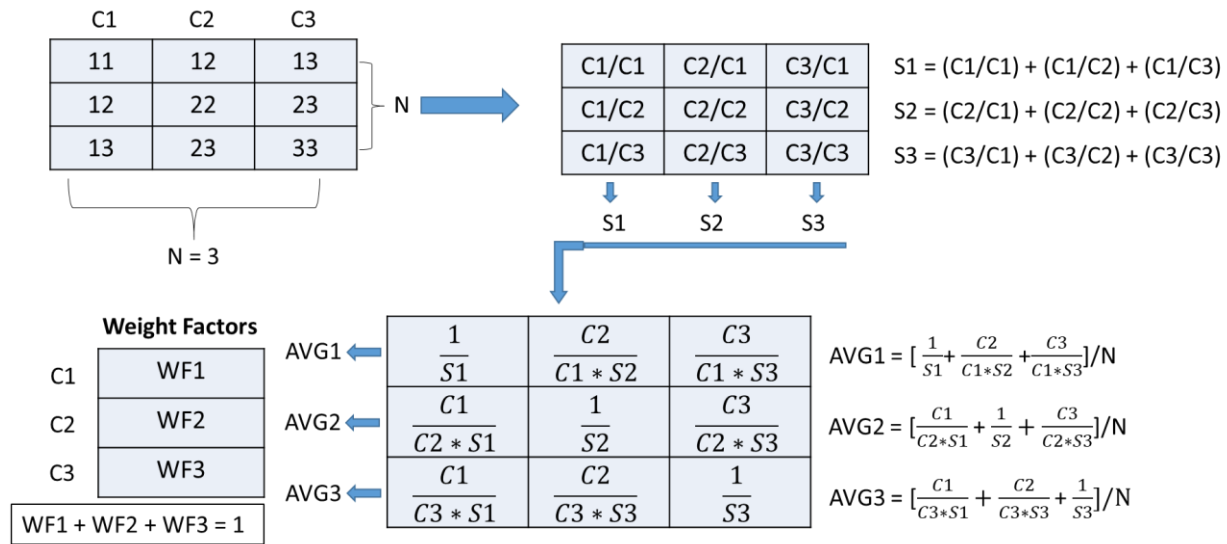
Το πρόβλημα που επιλύει αυτή η μεθοδολογία είναι η έλλειψη επισκόπησης του ανθρώπινου κεφαλαίου κατά την εκτέλεση της διαδικασίας κατανομής των καθηκόντων. Οι διευθυντές που είναι υπεύθυνοι για την κατανομή των ρόλων στο εργατικό δυναμικό χρησιμοποιούν την εμπειρία και τα υποκειμενικά κριτήριά τους, τα οποία μπορούν περιστασιακά να δημιουργήσουν προβλήματα εάν υπάρχει προσωπική προκατάληψη. Μέσω του αυτοματοποιημένου μοντέλου που βασίζεται στην ικανότητα κατανομής εργασιών

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

διασφαλίζεται η βέλτιστη κατανομή των ρόλων, ενώ αντικειμενικά κριτήρια χρησιμοποιούνται για να γίνει η διαδικασία ταχύτερη και δικαιότερη για όλους. Τέλος, σε περίπτωση που ο διαχειριστής έχει υπερφορτωθεί με ευθύνες, αυτό το εργαλείο τους βοηθά στην ανάθεση εργασιών με πολύ ταχύτερο και αποτελεσματικό τρόπο.

Η καινοτομία αυτής της μεθοδολογίας βασίζεται στη συνεχή βαθμονόμηση των παραγόντων βάρους κάθε ικανότητας όσον αφορά ένα έργο. Απώτερος στόχος είναι η αξιολόγηση ενός συνδυασμού ικανοτήτων και του τρόπου με τον οποίο μπορούν να διασφαλίσουν ότι ένα έργο θα ολοκληρωθεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές και η διαχείριση του ανθρωπίνου δυναμικού θα βελτιστοποιηθεί.

Το μοντέλο που βασίζεται στην ικανότητα κατανομής εργασιών ξεκινά με τον ορισμό των ικανοτήτων και το διαθέσιμο εργατικό δυναμικό ως εισροές στον αλγόριθμο. Τα έργα προστίθενται σε πραγματικό χρόνο, καθώς και στη δομή κατανομής εργασίας τους, για τον καθορισμό των απαραίτητων εργασιών και υπο-εργασιών. Το μοντέλο χρησιμοποιεί τα προαναφερθέντα δεδομένα για να δημιουργήσει τους συντελεστές βάρους κάθε ικανότητας για κάθε εργασία, η οποία αλλάζει κάθε φορά που προστίθενται νέα δεδομένα, καθώς το μοντέλο λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. Η διαδικασία ξεκινά με τη βαθμονόμηση του συντελεστή βάρους, η οποία βασίζεται στη διαδικασία αναλυτικής ιεραρχίας (AHP). Η πρώτη ενέργεια που πρέπει να αναληφθεί είναι η αντιστοίχιση των καθηκόντων με τις ικανότητες. Αυτό που προτείνεται μέσω αυτής της ερευνητικής εργασίας είναι να χρησιμοποιηθούν τα ακατέργαστα δεδομένα που παράγονται από τα έντυπα αξιολόγησης του εργατικού δυναμικού και να υπολογιστεί το χάσμα δεξιοτήτων, αφαιρώντας το φάσμα των αξιών από την αξιολόγηση του εργατικού δυναμικού για κάθε ικανότητα που απαιτείται για ένα έργο. Η μεθοδολογία παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



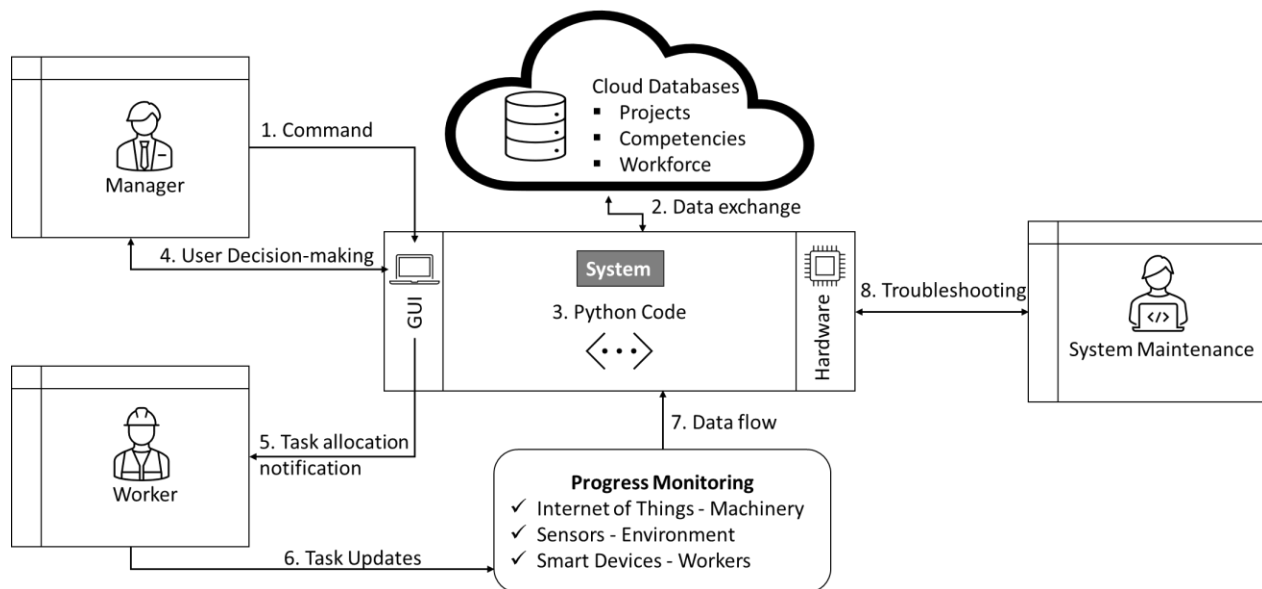
Σχήμα 1: Αναλυτικά βήματα διαδικασίας ιεραρχίας

Μέσω των παραγόντων βαρύτητας κάθε ικανότητας που απαιτείται για τη συγκεκριμένη εργασία, ο εργαζόμενος αξιολογείται για την πιθανή ανάθεση. Η βαθμολογία κάθε εργαζομένου υπολογίζεται ως το προϊόν της αξίας ικανότητας και του συντελεστή βάρους της ικανότητας. Η αξιολόγηση εισάγεται σε νέο πίνακα και όλοι οι εργαζόμενοι που πληρούν τις προϋποθέσεις για τη διαδικασία αξιολόγησης λαμβάνουν τη βαθμολογία εργασίας τους. Όλες οι βαθμολογίες του νέου πίνακα είναι πιθανές αναθέσεις εργασιών για τη συγκεκριμένη εργασία. Ακολουθούνται τα ίδια βήματα για όλες τις εργασίες που θα εκτελεστούν. Ο τελικός πίνακας αποτελείται από εργαζόμενους και καθήκοντα και περιέχει την αξιολόγηση κάθε ατόμου για κάθε εργασία.

Κάθε φορά που ένα άτομο ολοκληρώνει με επιτυχία μια εργασία και λαμβάνει την αξιολόγηση των εκτελωνισμένων εργασιών, προστίθενται σημεία εμπειρίας στον πίνακα ικανοτήτων, για να δημιουργηθούν ακριβέστερες προτάσεις για μελλοντικές κατανομές.

Το επόμενο βήμα είναι μέσω του ουγγρικού αλγορίθμου (HA) για να βρεθεί η βέλτιστη κατανομή εργασιών. Είναι πολύ σημαντικό η κατανομή των εργασιών να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε ολόκληρο το έργο να εκτελείται με τον βέλτιστο τρόπο, όχι μόνο μία εργασία. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος υπολογίζει όλες τις πιθανές κατανομές και προσδιορίζει τη βέλτιστη κατανομή για να εξασφαλίσει την υψηλότερη βαθμολογία ικανότητας στη συνολική μήτρα.

Η σωστή αξιοποίηση των πόρων στελέχωσης απαιτεί καλή διαχείριση των έργων της εταιρείας. Η εταιρεία που σχεδιάζει να διαχειριστεί τις λύσεις κατανομής προσωπικού με το χέρι δεν είναι τόσο αποτελεσματική όσο οι λύσεις που παρέχονται από ένα λογισμικό. Το λογισμικό διαχείρισης επιτρέπει στους διαχειριστές να σχεδιάζουν με σιγουριά τις τρέχουσες και μελλοντικές ανάγκες στελέχωσης. Μεταξύ άλλων λύσεων, οι διευθυντές μπορούν να αξιολογήσουν τον αντίκτυπο των αλλαγών χρονοδιαγράμματος από τις αιτήσεις άδειας, να εξαλείψουν την υπερ-και την υπο-κατανομή των εργαζομένων, να δουν και να συγκρίνουν το κόστος κατανομής για ελλειπείς περιοχές, να απεικονίσουν συνδέσεις μεταξύ χρονοδιαγραμμάτων και ολοκληρωμένων έργων και να δικαιολογήσουν αιτήματα στελέχωσης εάν θα προσθέσουν ή θα αφαιρέσουν τον αριθμό των εργαζομένων. Η επίτευξη οποιουδήποτε από αυτά με το χέρι δεν θα βελτιώσει τις αποφάσεις που καθοδηγούνται από δεδομένα. Τα υπολογιστικά φύλλα και οι περιττές καταχωρήσεις δεν θα δώσουν σε μια εταιρεία το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα που χρειάζεται, για να αυξήσει την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών της. Η αρχιτεκτονική του συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2: Αρχιτεκτονική συστήματος

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του συστήματος ήταν ο προγραμματισμός σε γλώσσα “python” για την κωδικοποίηση της λύσης, τα αρχεία “excel” που χρησιμοποιούνται ως είσοδοι και απεικονίσεις δεδομένων για την παρουσίαση των

αποτελεσμάτων στο χρήστη. Το πρωτότυπο που χρησιμοποιείται δέχεται ως είσοδο δεδομένα από αρχεία “excel” στο πρόγραμμα, ωστόσο, μια πιο προηγμένη έκδοση του συστήματος θα είναι σε θέση να ενσωματώσει τεχνολογίες “cloud” για την αποθήκευση της βάσης δεδομένων, “Internet of Things” να έχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη διαθεσιμότητα μηχανημάτων και έξυπνων συσκευών για τους εργαζόμενους να ενημερώνουν εύκολα την κατάστασή τους, κάθε φορά που τελειώνουν μια εργασία, ή χρειάζονται επιπλέον πόρους. Τέτοια εργαλεία για τους εργαζόμενους μπορούν επίσης να δημιουργήσουν λειτουργίες για την παρακολούθηση της υγείας του προσωπικού, της κόπωσης, της διάθεσης και άλλων σημαντικών παραγόντων για την κατανομή των εργασιών.

3. Μελέτη περίπτωσης – Κατανομή εργασιών σε ναυτιλιακή εταιρεία

Η περίπτωση που εξετάζεται σε αυτή την έρευνα είναι η κατανομή των ναυτικών στα πλοία μιας εταιρείας. Αυτός ο συγκεκριμένος τύπος κατανομής έχει αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, καθώς μπορεί να κυμαίνεται από 3 μήνες έως σχεδόν 1 έτος και ο ναυτικός πρέπει να παραμείνει στο εσωτερικό του πλοίου όλο αυτό το διάστημα και να εργάζεται συνεχώς για να διασφαλίσει ότι οι ναυτιλιακές δραστηριότητες είναι επιτυχείς καθημερινά. Σε περίπτωση που η κατανομή των ναυτικών σε υπάρχοντα πλοία δεν γίνει σωστά, το κόστος απομάκρυνσης του προσωπικού από τον ωκεανό είναι χιλιάδες δολάρια και σε περίπτωση που η εταιρεία δεν μπορεί να βρει αντικαταστάτη εντός λίγων ημερών, οι ναυτικοί θα πρέπει πιθανώς να εργαστούν περισσότερες ώρες για να καλύψουν όλες τις βάρδιες και να προκαλέσουν κόπωση στο εργατικό δυναμικό ή ακόμη και να πληρώσουν πρόστιμα για ιστιοπλοΐα χωρίς τον ελάχιστο αριθμό ατόμων. Η ύπαρξη μιας επικαιροποιημένης βάσης δεδομένων με όλα τα μέλη του πληρώματος και ο καθορισμός χρονοδιαγράμματος για την αλλαγή ναυτικών είναι καλές πολιτικές που εφαρμόζει η εταιρεία.

Τα εργαλεία και τα συστήματα που χρησιμοποίησε η εταιρεία για αυτή τη διαδικασία αυτή τη στιγμή ήταν τα υπολογιστικά φύλλα “excel” και διαίσθηση του διευθυντή. Όλες οι εκχωρήσεις εργασιών εκτελέστηκαν με μη αυτόματο τρόπο και χειροκίνητο τρόπο.

Οι διαχειριστές έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις από ένα λογισμικό κατανομής εργασιών και αυτές είναι: Εύκολη και γρήγορη αναφορά, Δυνατότητα εισαγωγής προσαρμοσμένων

μεταβλητών για απεικονίσεις δεδομένων, αυτοματοποίηση διαδικασιών και επαναλαμβανόμενων εργασιών, ελαχιστοποίηση του χαμένου χρόνου του βασικού προσωπικού στην κατανομή των μελών του πληρώματος σε πλοία, διασφάλιση της ισορροπίας της βαθμολογίας ικανοτήτων του στόλου μεταξύ των σκαφών, εντοπισμός αναγκών εκπαίδευσης και κενά ικανοτήτων.

Για την εν λόγω περιπτωσιολογική μελέτη, τα δεδομένα που ήταν απαραίτητα για τη διεξαγωγή της ανάλυσης ήταν: τα δεδομένα των ναυτικών, ο κατάλογος ικανοτήτων, η αξιολόγηση ικανοτήτων ανά ναυτικό (πίνακας δεξιοτήτων) και οι απαιτήσεις για την κατανομή των καθηκόντων. Για να διευκολυνθεί η διαδικασία δημιουργίας πρωτοτύπων και η δοκιμή του αλγορίθμου, κάθε σκάφος θεωρήθηκε το ίδιο όσον αφορά τις ανάγκες και τις απαιτήσεις γνώσης, η μεταβλητή του χρόνου δεν ελήφθη υπόψη που σημαίνει ότι η υπόθεση ήταν ότι οι ναυτικοί ήταν διαθέσιμοι τώρα για να πλεύσουν και ότι τα πλοία χρειάζονταν ανθρώπους. Επιπλέον, η κατανομή εξετάζεται για συγκεκριμένες βαθμίδες αξιωματικών, όχι για ολόκληρο το πλήρωμα, το οποίο είναι Αρχιμηχανικός (CE), Επικεφαλής Αξιωματικός (CO), Δεύτερος Μηχανικός (E2) και Τρίτος Μηχανικός (E3). Τέλος, τα προσωπικά δεδομένα δεν ελήφθησαν υπόψη, όπως η εμπειρία ή η ηλικία, τα μόνα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η αξιολόγηση ικανοτήτων των ναυτικών.

Οι τομείς ικανοτήτων που εξετάζει η εταιρεία είναι οι τεχνικές ικανότητες, η ευθυγράμμιση των επιδόσεων για την επιτυχία, ο σχεδιασμός και η οργάνωση, τα πρότυπα εργασίας, η ανάληψη κινδύνων και η λήψη αποφάσεων. Κάθε τομέας ικανοτήτων περιλαμβάνει διάφορες δεξιότητες που αξιολογούνται, για τον υπολογισμό της συνολικής αξιολόγησης ενός ναυτικού. Για παράδειγμα, οι λειτουργίες, η αποθήκες καυσίμων, η πλοήγηση, η συντήρηση, είναι τεχνικές, ενώ οι γενικές δεξιότητες και τα προσωπικά χαρακτηριστικά είναι διαπροσωπικές δεξιότητες. Μια άλλη σημαντική πτυχή των απαιτούμενων δεξιοτήτων είναι το περιβάλλον, για παράδειγμα η ενεργειακή απόδοση και η προστασία του περιβάλλοντος. Τέλος, οι δεξιότητες ασφάλειας, η ετοιμότητα έκτακτης ανάγκης και η ασφάλεια είναι ζωτικής σημασίας για να διασφαλιστεί ότι όλοι όσοι ταξιδεύουν στη θάλασσα μπορούν να προστατεύσουν τον εαυτό τους, τους συναδέλφους τους και το φορτίο.

Τα δεδομένα για τα σκάφη βασίστηκαν σε τυχαίες μεταβλητές, κοντά στη μέση αξιολόγηση της ικανότητας του σκάφους και οι τιμές ήταν μεταξύ 1 και 5. Για τον υπολογισμό του χάσματος ικανότητας ανά σκάφος, πραγματοποιήθηκε απλή αφαίρεση, μεταξύ της τιμής ικανότητας και του αριθμού 6, για να έχει την ίδια κλίμακα με την αξιολόγηση ικανοτήτων (1-5). Η μήτρα δεξιοτήτων είναι ένας πίνακας με 22 δεξιότητες και 12 αξιωματικούς, που παρουσιάζει τη βαθμολογία αξιολόγησης που έχει κάθε άτομο για κάθε βασική ικανότητα.

Το κενό ικανότητας ανά σκάφος χρησιμοποιήθηκε ως εισροή στον αλγόριθμο, για τον υπολογισμό των παραγόντων βάρους μέσω του “ΑΗΡ”. Τα δεδομένα του αλγορίθμου εισήχθησαν με μη αυτόματο τρόπο, αλλά μπορούν να τροποποιηθούν για να χρησιμοποιηθούν ως αρχεία εισόδου “excel”. Με αυτή τη δυνατότητα ένα υπολογιστικό φύλλο μπορεί να μεταφορτωθεί και να χρησιμοποιηθεί ως είσοδος, αυξάνοντας την επεκτασιμότητα του αλγορίθμου και επιτρέποντας στον κώδικα να επεξεργάζεται περισσότερα δεδομένα, χωρίς να μειώνει αισθητά την απόδοση του συστήματος. Ο μόνος περιορισμός είναι ότι το αρχείο πρέπει να είναι τυποποιημένο σύμφωνα με το πως έχει οριστεί το περιβάλλον εργασίας του χρήστη.

Η λειτουργία που υπολογίζει την αξιολόγηση ανά πλοίο για κάθε εργαζόμενο είναι το προϊόν κάθε ικανότητας και του συντελεστή βάρους ανά πλοίο και, στη συνέχεια, το υπολογιζόμενο ποσό ανά εργαζόμενο ανά σκάφος είναι η μήτρα αξιολόγησης.

$$E_k = \sum_{n=1}^m (\text{competence value})[n] \times (\text{weight factor})[n]$$

m : competencies number, $m = 22$, k : vessel number, $k = [1,2,3]$

E_k : Evaluation matrix element for vessel k , $k = [1,2,3]$

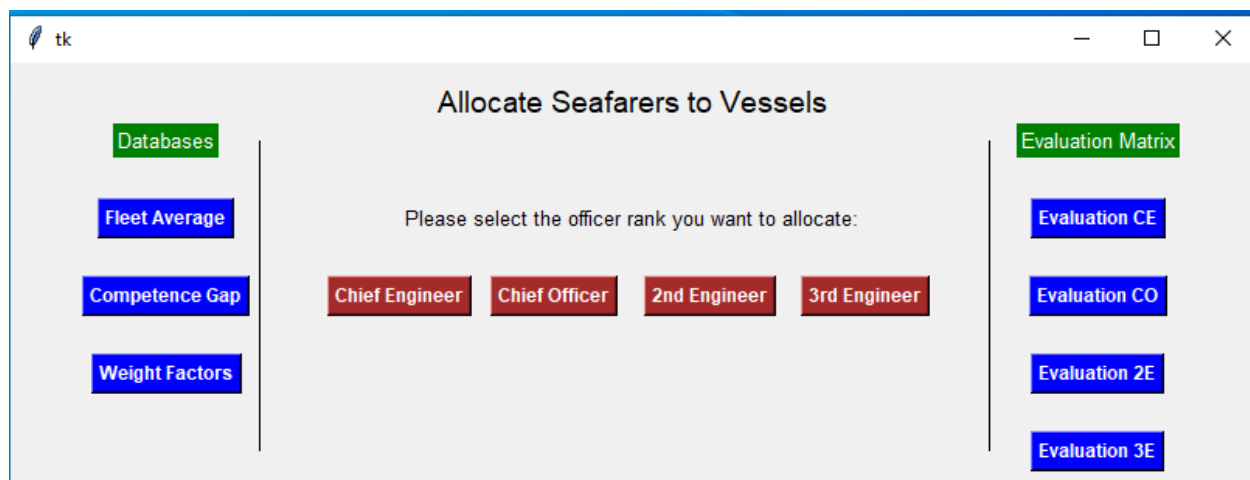
Το επόμενο βήμα ήταν να χρησιμοποιηθούν τα προαναφερθέντα δεδομένα ως εισροές στο “ΗΑ”, με τη μορφή ενός δικομματικού γραφήματος, και στη συνέχεια να υπολογιστεί η βέλτιστη κατανομή. Όλα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο πρωτότυπο που για αυτή τη μελέτη

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ

περίπτωσης. Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου παρουσιάζει τη βέλτιστη κατανομή ναυτικών βάσει ικανοτήτων σε πλοία, με την καλύτερη συνολική βαθμολογία ικανοτήτων στο στόλο και όχι ανά σκάφος.

Το αποτέλεσμα του αλγορίθμου και του γραφικού περιβάλλοντος εργασίας χρήστη παράγονται σε λιγότερο από 3 δευτερόλεπτα και ο διαχειριστής του έργου μπορεί να το χρησιμοποιήσει ως οδηγό για να αποφασίσει πώς θα διαθέσει το πλήρωμα. Σε περίπτωση που θέλουν να διαθέσουν έναν συγκεκριμένο ναυτικό σε ένα σκάφος μπορούν εύκολα να τους αποκλείσουν από τον αλγόριθμο και να κάνουν την κατανομή χειροκίνητα και στη συνέχεια να επαναλάβουν τον αλγόριθμο για τους υπόλοιπους ανθρώπους. Αυτή η λύση παρέχει ένα γρήγορο και αποτελεσματικό αποτέλεσμα, το οποίο λειτουργεί τόσο ως εργαλείο διαχείρισης έργων όσο και ως σύστημα επισκόπησης του ανθρώπινου κεφαλαίου.

Το πρωτότυπο μενού έναρξης έχει 3 στήλες, όπως παρουσιάζονται στην Εικόνα 3, η πρώτη και η τρίτη είναι για την παρουσίαση δεδομένων και ο χρωματικός κώδικας είναι πράσινος για αυτές τις 2 κατηγορίες. Τα κουμπιά "Βάσεις δεδομένων" παρουσιάζουν τα δεδομένα σε κάθε βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται και τους παράγοντες βάρους για κάθε σκάφος. Ο Πίνακας Αξιολόγησης χρησιμοποιείται για την εκτύπωση των δικομματικών γραφημάτων για όλες τις διαθέσιμες τάξεις αξιωματικών, παρουσιάζοντας την αξιολόγηση κάθε ναυτικού για όλα τα πλοία. Αφού πατηθεί ένα κουμπί, τα δεδομένα είτε εκτυπώνονται ως γραφήματα, για την αριστερή στήλη, είτε εκτυπώνονται ως πίνακες, για τη δεξιά στήλη. Η μεσαία στήλη είναι το αποτέλεσμα του αλγορίθμου και απεικονίζει τη βέλτιστη κατανομή εργασιών για κάθε βαθμό αξιωματικού.



Εικόνα 3: Στιγμιότυπο οθόνης της αρχικής σελίδας του πρωτοτύπου του συστήματος

Το χάσμα ικανοτήτων αναφέρεται στο κενό ικανοτήτων των σκαφών και το τυπωμένο γράφημα παρουσιάζει ένα γράφημα ράβδων των τιμών χάσματος ικανοτήτων ανά πλοίο. Ο διαχειριστής μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτό το γράφημα για να έχει εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα του στόλου και να προσδιορίσει εάν υπάρχει έλλειψη ορισμένων ικανοτήτων εντός των σκαφών. Αυτό το γράφημα είναι πολύ χρήσιμο κατά την κατανομή των αξιωματικών, καθώς παρουσιάζει τους τομείς που χρειάζονται άμεση δράση. Η μέση αξιολόγηση του σκάφους μπορεί να ενισχυθεί σημαντικά εάν ένας ικανός αξιωματικός παρακολουθήσει το πλοίο, καθώς μπορεί να εκπαιδεύσει το υπόλοιπο πλήρωμα και να τους διδάξει στη δουλειά.

Το τελευταίο γράφημα της αριστερής στήλης είναι οι παράγοντες βάρους, το οποίο αναφέρεται στα αποτελέσματα του “AHP” στον αλγόριθμο. Το άθροισμα των βαρών για κάθε σκάφος ισούται με μονάδα και χρησιμοποιείται ένα διάγραμμα διασποράς για την απεικόνιση των δεδομένων. Η σημασία κάθε ικανότητας μπορεί να προσδιοριστεί εξετάζοντας πόσο μακριά από τον κάθετο άξονα είναι το σημείο δεδομένων. Εάν ένας συντελεστής βάρους για μια ικανότητα έχει μεγαλύτερη αξία από έναν άλλο, αυτό σημαίνει ότι η μεγαλύτερη τιμή είναι πιο σημαντική για το συγκεκριμένο σκάφος, δεδομένου ότι στερείται αυτού του τομέα δεξιοτήτων.

Η δεξιά στήλη χρησιμοποιείται για την εκτύπωση ως πινάκων των γραφημάτων διμερών που χρησιμοποιούνται ως είσοδοι στο HA για την κατανομή εργασιών.

Τέλος, η βέλτιστη κατανομή εργασιών παρουσιάζεται στο Σχήμα 4 και υπολογίζεται αφού πατηθούν τα κουμπιά στη μεσαία στήλη. Επιλέγοντας την κατάταξη ο αλγόριθμος υπολογίζει την κατανομή με την υψηλότερη βαθμολογία και εκτυπώνει το συνδυασμό των αξιωματικών στα σκάφη.

Allocate Seafarers to Vessels

Please select the officer rank you want to allocate:

Chief Engineer Chief Officer 2nd Engineer 3rd Engineer

The optimal task allocation is:

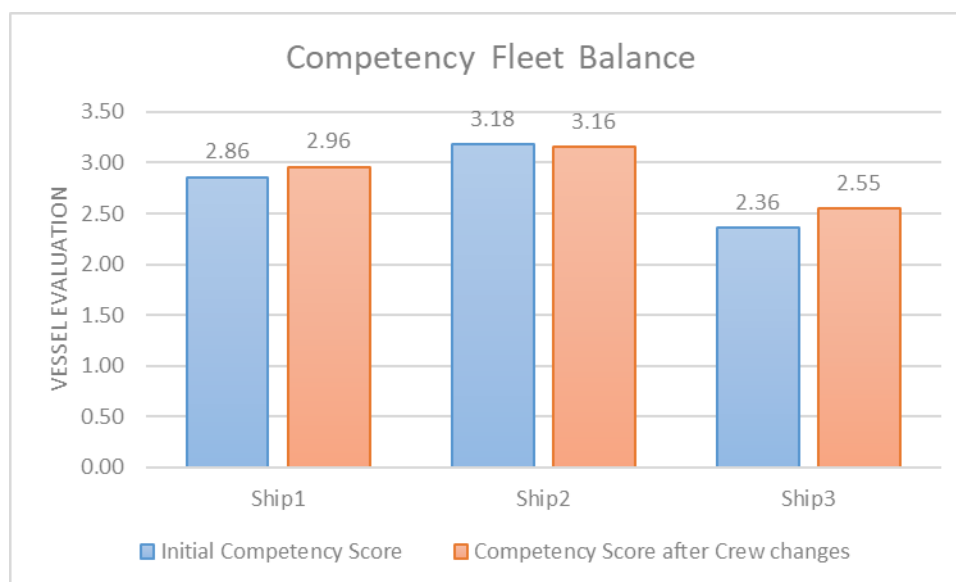
{{Ship1 CE-33} 3.72} {{Ship3 CE-11} 3.84} {{Ship2 CE-22} 2.78}

Databases: Fleet Average, Competence Gap, Weight Factors

Evaluation Matrix: Evaluation CE, Evaluation CO, Evaluation 2E, Evaluation 3E

Σχήμα 4: Στιγμιότυπο οθόνης του πρωτοτύπου που παρουσιάζει τη βέλτιστη κατανομή εργασιών για τους επικεφαλείς μηχανικούς του στόλου

Η μέση ικανότητα του στόλου αυξήθηκε στα πλοία 1.3 και το επίπεδο ικανότητας του πλοίου 2 παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητο. Η προτεινόμενη κατανομή είναι η βέλτιστη λύση για τη διατήρηση της ισορροπίας του επιπέδου ικανοτήτων του στόλου. Το διάγραμμα 6 απεικονίζει τις μεταβολές του επιπέδου ικανότητας πριν από την κατανομή και μετά την κατανομή.



5: Ισοζύγιο στόλου ικανοτήτων πριν και μετά την κατανομή των ναυτικών

4. Αναμενόμενα αποτελέσματα από την εφαρμογή του Συστήματος

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα στα συγκεκριμένα πεδία στα οποία εφαρμόζεται το πλαίσιο είναι η εύκολη και γρήγορη αναφορά, η δυνατότητα εισαγωγής προσαρμοσμένων μεταβλητών για απεικονίσεις δεδομένων, η αυτοματοποίηση διεργασιών, η ελαχιστοποίηση του χαμένου χρόνου του βασικού προσωπικού, η ισορροπημένη βαθμολογία ικανοτήτων μεταξύ του στόλου, ο προσδιορισμός των αναγκών κατάρτισης και ο προγραμματισμός των δραστηριοτήτων.

Για την υποβολή εκθέσεων, αναμένεται ότι ο χρόνος που απαιτείται για τη σύνταξη και τη δημιουργία εκθέσεων θα είναι τουλάχιστον 50% μικρότερος από τα τρέχοντα ποσοστά ώρας, οι ώρες κατάρτισης για το νέο σύστημα θα είναι λιγότερο από 5 ώρες και το ποσοστό έγκρισης των εργαζομένων του νέου συστήματος πρέπει να υπερβαίνει το 85% των συχνών χρηστών, ενώ ο ρυθμός παραγωγής των εκθέσεων θα πρέπει να διπλασιαστεί εντός των πρώτων 6 μηνών χρήσης.

Οι διαθέσιμες απεικονίσεις θα περιλαμβάνουν γραφήματα πίτας, ιστογράμματα, γραφήματα ράβδων, γραφήματα κουκκίδων, προβολή ημερολογίου και γράφημα Gantt, γραφήματα ντόνατ, γραφήματα ραντάρ, πλοκές διασποράς, διαγράμματα δέντρων και χάρτες θερμότητας, ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Οι διαθέσιμες μεταβλητές για τις αναφορές θα είναι όλα τα

δεδομένα που είναι καταγραφείας και χρησιμοποιούνται ως είσοδοι στο σύστημα. Ως αποτέλεσμα, οι διαχειριστές θα είναι σε θέση να παράγουν όλα τα είδη απεικονίσεων δεδομένων με όλους τους πιθανούς συνδυασμούς μεταβλητών.

Επαναλαμβανόμενες διαδικασίες, όπως η σύνταξη αναφορών και η δημιουργία αναφορών θα απλοποιηθούν και θα αυτοματοποιηθούν σε επαρκές επίπεδο, για την καθημερινή βελτιστοποίηση λειτουργιών του χρήστη. Η καταχώρηση δεδομένων μετά την αρχική ρύθμιση θα είναι ελάχιστη, καθώς τα δεδομένα του έργου θα εισάγονται κάθε φορά που ξεκινά ένα νέο έργο και οι βάσεις δεδομένων εργατικού δυναμικού θα είναι δυναμικές, οπότε κάθε καταγεγραμμένη εργασία θα αλλάξει την αξιολόγηση ικανοτήτων, με βάση τη βαθμολογία απόδοσης κάθε ατόμου. Η διαδικασία κατανομής εργασιών θα βελτιστοποιηθεί και θα απλουστευθεί, σε σημείο ναι ή όχι για τον διαχειριστή, ο οποίος θα έχει τις διαθέσιμες απεικονίσεις για επισκόπηση ανθρώπινου κεφαλαίου και τον προτεινόμενο αλγόριθμο για την πρόταση κατανομής εργασιών. Ο αριθμός των επιτυχημένων κατανομών θα είναι ορατός μετά από πολλές επαναλήψεις του κώδικα και συγκρίνοντας την απόδοση του έργου πριν και μετά την εφαρμογή της λύσης μπορεί να καθοριστεί ο ρυθμός απόδοσης, ο οποίος αναμένεται να είναι πάνω από 95% για τις επιτυχείς κατανομές. Τέλος, η βαθμολογία ικανοτήτων θα είναι ισορροπημένη μεταξύ των συνολικών λειτουργιών του οργανισμού και σε περίπτωση που προκύψουν ανάγκες κατάρτισης, ο προσδιορισμός θα γίνεται σε πραγματικό χρόνο, καθώς και ο προγραμματισμός κατάλληλης κατάρτισης για το εργατικό δυναμικό.

5. Συμπεράσματα

Η Βιομηχανία 4.0 έχει επηρεάσει πολύ το ανθρώπινο στοιχείο στον χώρο εργασίας, με νέες τεχνολογίες όπως η ρομποτική και η τεχνητή νοημοσύνη, και με τη Βιομηχανία 5.0 να αναδύεται το εργατικό δυναμικό επιστρέφει στο κέντρο όλων των δραστηριοτήτων που εκτελεί ένας οργανισμός. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, το ανθρώπινο κεφάλαιο γίνεται όλο και πιο κρίσιμο για την επιτυχή ενσωμάτωση και υιοθέτηση καινοτόμων λύσεων και αυτό που κάνει τους ανθρώπους ως ένα ολοένα και πιο πολύτιμο πλεονέκτημα είναι η ικανότητα να επανενώνουν και να ανατρέφουν τους ανθρώπους, η δημιουργικότητα, η καινοτομία και η ευελιξία που προσφέρουν στις καθημερινές λειτουργίες. Ο συνδυασμός αυτοματισμού και

ανθρώπινου στοιχείου στον χώρο εργασίας μπορεί να οδηγήσει έναν οργανισμό στην επίτευξη στρατηγικών στόχων πολύ πιο αποτελεσματικά, υπό τον περιορισμό της ορθής κατανόησης του τι έχει να προσφέρει κάθε περιουσιακό στοιχείο και πώς να ενισχύσει τη συνεργασία μεταξύ τους. Ο όρος ικανότητα είναι το κλειδί για την επίτευξη τέτοιων στόχων, δεδομένου ότι αντιπροσωπεύει τον λιγότερο χρησιμοποιούμενο πόρο στο σχεδιασμό του εργατικού δυναμικού. Παρά το γεγονός ότι είναι ένας ευρέως διαδεδομένος όρος και ένας αναδυόμενος ερευνητικός τομέας, η ικανότητα απέχει πολύ από τη χρήση στο έπακρο των δυνατοτήτων της. Κάθε εργαζόμενος έχει ένα σύνολο δεξιοτήτων, χαρακτηριστικών και εμπειριών που σε συνδυασμό με τη συμπεριφορά του προς διάφορες καταστάσεις μπορεί να οδηγήσει σε επιτυχή εκτέλεση μιας εργασίας. Αυτό το ερευνητικό έργο αποσκοπούσε στην αποκάλυψη του δυναμικού των ικανοτήτων κατά τη ανάθεση καθηκόντων σε ανθρώπινους φορείς και στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να επηρεάσει την παραγόμενη έκβαση μιας εργασίας. Αυτό που έδειξε η μελέτη είναι ότι οι ικανότητες στον χώρο εργασίας μπορούν να βοηθήσουν τους διευθυντές να κατανέμουν τα καθήκοντα πιο αποτελεσματικά, να εξισορροπήσουν τα επίπεδα ικανοτήτων μεταξύ των ενεργών καθηκόντων και να προβλέψουν ελλείψεις ταλέντων. Το προτεινόμενο πλαίσιο συνίστατο σε ένα πλαίσιο ανάπτυξης ικανοτήτων, ένα μοντέλο που βασίζεται στην ικανότητα κατανομής καθηκόντων και έναν αλγόριθμο για τον συνδυασμό των αναγκών των εργασιών με τις ικανότητες των ανθρώπων σε μια ενιαία προσέγγιση για τη διαχείριση των έργων. Επιπλέον, αναπτύχθηκε ένα πρωτότυπο για τη λύση μέσω προγραμματισμού ρυθμού, καθώς και ένα γραφικό περιβάλλον για το χρήστη, προκειμένου να απεικονίσει τη έξοδο του αλγορίθμου. Τέλος, η λύση εφαρμόστηκε σε μια περίπτωση ναυτιλιακής βιομηχανίας, στην οποία οι ναυτικοί θα πρέπει να κατανέμονται σε υπάρχοντα πλοία. Τα στοιχεία για το εργατικό δυναμικό και τα πλοία χρησιμοποιήθηκαν ως εισροές στο πρόγραμμα και το αποτέλεσμα ήταν η προτεινόμενη κατανομή όλων των ναυτικών στα πλοία, διατηρώντας παράλληλα ένα ισορροπημένο επίπεδο ικανοτήτων μεταξύ του στόλου και διασφαλίζοντας ότι οι επιχειρησιακές ανάγκες ανά σκάφος ήταν πλήρως ικανοποιημένες. Η επισκόπηση του ανθρώπινου κεφαλαίου είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική διαχείριση του εργατικού δυναμικού και μέσω του προτεινόμενου πλαισίου και οι διαχειριστές συστημάτων μπορούν να βελτιστοποιήσουν τη χρήση του ανθρώπινου στοιχείου.