

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΚΕΛΙΩΝ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΥΝΟΔΙΝΟΣ ΕΚΤΕΝΗΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εποχή της μαζικής προσαρμογής (Mass Customization), γίνεται απολύτως σαφές ότι οι κατασκευαστές σε όλο τον κόσμο επιθυμούν πρόσβαση σε αναπτυσσόμενες ή ήδη ανεπτυγμένες αγορές. Ένας τρόπος να αποκτηθεί αυτή η πρόσβαση είναι μέσω των ειδικών αναγκών για προϊόντα που χαρακτηρίζουν κάθε τόπο. Μπορεί κανείς εύκολα να συμπεράνει ότι υπάρχει ανάγκη ενσωμάτωσης παραγωγών και πελατών με σκοπό καλύτερα σχεδιασμένα, καλύτερα κατασκευασμένα, πιο κοντά σε συγκεκριμένες ανάγκες και πιο έξυπνα προϊόντα. Η σύνδεση μεταξύ πελάτη και κατασκευαστή ενισχύει την έννοια της λιτής Παραγωγής και Καινοτομίας (Frugal Production and Innovation). Ταυτόχρονα, οι κατασκευαστές στοχεύουν σε ανάπτυξη που θα τους φέρει πιο κοντά στην υλοποίηση της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης ή Βιομηχανία 4^{ης} Γενιάς (Industry 4.0). Επομένως, υπάρχει ανάγκη για επαναστατικές μεθόδους παραγωγής και μια καινούρια προσέγγιση όσον αφορά τις διαδικασίες σχεδιασμού και κατασκευής.

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality) καθώς και η ανάπτυξη των τεχνολογιών που σχετίζονται με τις επικοινωνίες και την χρήση πληροφοριών (Cloud) - σαν τεχνολογίες αιχμής της Βιομηχανίας 4^{ης} Γενιάς - μπορούν να αποτελέσουν έναν ευνοϊκό παράγοντα για τη χρήση έξυπνων συσκευών και ολογραφικών εφαρμογών, ώστε να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ προϊόντων και υπηρεσιών, ως προσφορά, καθώς και το χάσμα μεταξύ πελατών και κατασκευαστών, ως προς την επικοινωνία και διάδρασή τους. Με τέτοιες εφαρμογές και τεχνολογίες πληροφοριών, οι πελάτες μπορούν να γίνουν μέρος της παραγωγικής διαδικασίας και να επιτρέψουν στους παραγωγούς να αποκτήσουν πολύτιμες πληροφορίες για πιθανές νέες ανάγκες της αγοράς.

Με αυτό το κίνητρο κατά νου, αυτή η εργασία πραγματοποιείται με στόχο την ανάπτυξη ενός πλαισίου μέσω του οποίου οι κατασκευαστές και οι πελάτες θα ενσωματωθούν στη διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός προϊόντος. Το πλαίσιο υλοποιείται μέσω μιας εφαρμογής AR για Microsoft HoloLens και θα μπορεί να λειτουργήσει σαν ένα σύστημα προϊόντος-υπηρεσίας. Οι πελάτες θα μπορούν να δημιουργήσουν από την αρχή ή μέσω προκαθορισμένων συνθέσεων, μια προτιμώμενη διαμόρφωση προϊόντος και στη συνέχεια να οπτικοποιήσουν τη δημιουργία τους σε πραγματικό χρόνο. Ο κατασκευαστής θα μπορεί να λαμβάνει τις πληροφορίες του πελάτη και τη

διαμόρφωση που προτιμά και στη συνέχεια θα προχωρά στην κατασκευή καθώς και στη δημιουργία νέων προκαθορισμένων συνθέσεων προϊόντων ανάλογα με το πλήθος των παρόμοιων απαιτήσεων που ορίζουν οι πελάτες. Το προτεινόμενο πλαίσιο θα εφαρμοστεί στη βιομηχανία κατασκευής ρομποτικών κελιών.

Για την επίτευξη της μέγιστης λειτουργικότητας του σχεδιαζόμενου συστήματος, θα πρέπει, αρχικά, να πληρούνται μια σειρά από συγκεκριμένες απαιτήσεις. Έξι είναι αυτές που σημειώνονται και είναι η ύπαρξη των αρχείων των τρισδιάστατων σχεδίων των αντικειμένων που πρόκειται να οπτικοποιηθούν, η εφαρμογή ΕΠ που σχηματίζει τη ραχοκοκαλιά του συστήματος, μια συσκευή ΕΠ HMD (Head Mounted Display), μια κατάλληλη υποδομή για την υποστήριξη της επικοινωνίας μεταξύ κατασκευαστή και πελάτη, μια γρήγορη και αξιόπιστη σύνδεση στο Διαδίκτυο και μια βάση δεδομένων Cloud για την αποθήκευση των δεδομένων που ανταλλάσσονται.

Το προτεινόμενο πλαίσιο αποτελείται από τρία επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο είναι η εφαρμογή ΕΠ μέσω της οποίας πραγματοποιείται η προσαρμογή / εξατομίκευση του προϊόντος από τους πελάτες. Με την πλοήγηση στη Διεπαφή Χρήστη (User Interface) της εφαρμογής, οι χρήστες εισάγουν το προφίλ τους και οπτικοποιούν το επιθυμητό προϊόν σε περιβάλλον ΕΠ, παρέχοντας ταυτόχρονα τις λειτουργικές απαιτήσεις του προϊόντος τους. Το δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνει τις Υπηρεσίες που παρέχονται από τη χρήση της εφαρμογής ΕΠ. Το σύστημα επιτρέπει την οπτικοποίηση και προσαρμογή των προϊόντων καθώς και την επικοινωνία μεταξύ πελάτη και κατασκευαστή. Μέσω αυτής της επικοινωνίας, οι λειτουργικές απαιτήσεις των πελατών γίνονται γνωστές στον κατασκευαστή και στη συνέχεια μπορούν να εκπληρωθούν. Το τρίτο επίπεδο περιέχει τη μονάδα Ενσωμάτωσης Δεδομένων (Data Aggregation). Ο κατασκευαστής ανεβάζει μοντέλα εξαρτημάτων και διάφορες διατάξεις στη βάση δεδομένων Cloud, τα οποία στη συνέχεια μεταφορτώνονται από τους πελάτες για οπτικοποίηση μέσω της εφαρμογής ΕΠ. Από την άλλη πλευρά, οι πελάτες ανεβάζουν την εικονική δημιουργία τους, μαζί με τα σχόλιά τους, τα οποία χρησιμοποιούνται από τον κατασκευαστή για την κατασκευή.

Οι χρήστες έχουν την επιλογή να αρχίσουν να προσαρμόζουν τα προϊόντα από προκαθορισμένες διαμορφώσεις ρομποτικών διατάξεων ή να δημιουργούν από το μηδέν τη δική τους διάταξη. Η εφαρμογή επιτρέπει την αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο με τα ληφθέντα τρισδιάστατα μοντέλα και την οπτικοποίηση των στοιχείων του προϊόντος. Μόλις επιτευχθεί η επιθυμητή διαμόρφωση, δημιουργείται μια φόρμα που περιέχει τις πληροφορίες προφίλ του

πελάτη και την τελική διαμόρφωση του προϊόντος, η οποία αποστέλλεται πίσω στον κατασκευαστή.

Οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν τη βάση δεδομένων για τη λήψη των πληροφοριών των πελατών και των εικονικών τους διατάξεων. Στη συνέχεια, εξετάζονται οι λειτουργικές απαιτήσεις των πελατών για να καθοριστεί εάν υπάρχουν αρκετές παρόμοιες που να δικαιολογούν τη δημιουργία νέων προκαθορισμένων μοντέλων και διατάξεων. Μετά την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας, οι κατασκευαστές μπορούν να προχωρήσουν στην παραγωγή των προϊόντων που επιθυμούν οι πελάτες καθώς και να ανεβάσουν τις προκαθορισμένες διατάξεις και τα μοντέλα εξαρτημάτων στη βάση δεδομένων. Η βάση δεδομένων Cloud χρησιμοποιείται ως μεσολαβητής μεταξύ του κατασκευαστή και του χρήστη. Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των αρχείων που περιέχουν τα μοντέλα των προϊόντων και τις πληροφορίες των χρηστών. Επιτρέπει την επικοινωνία αυτών των αρχείων μεταξύ των μερών και επιτρέπει στους κατασκευαστές να διαχειρίζονται εύκολα την πελατεία και τις παραγγελίες τους.

Από πλευράς υλοποίησης του συστήματος, τώρα, υπάρχουν απαιτήσεις λογισμικού και υλικού. Όσον αφορά το λογισμικό, χρειάζονται τα τρισδιάστατα σχέδια των εξαρτημάτων για τη δημιουργία των μοντέλων ΕΠ, αφού μετατραπούν σε αρχεία .obj και απαιτείται ένα περιβάλλον ανάπτυξης για τη δημιουργία της διεπαφής της εφαρμογής. Για το σκοπό αυτό, το Unity 3D™ έχει χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τη βιβλιοθήκη Mixed Reality Toolkit, για την υποστήριξη των επιθυμητών αλληλεπιδράσεων ολογραμμάτων και μεθόδων εισαγωγής. Οι κώδικες γράφτηκαν σε γλώσσα προγραμματισμού C# χρησιμοποιώντας το ενσωματωμένο περιβάλλον ανάπτυξης του Microsoft Visual Studio που είναι άμεσα συμβατό με το Unity 3D™. Σε ό,τι αφορά το υλικό, η εφαρμογή αναπτύχθηκε για τα Microsoft HoloLens που είναι μια HMD έτοιμη για ΕΠ. Επίσης, απαιτείται διακομιστής FTP (File Transfer Protocol), για να ενεργοποιηθεί η διαδικτυακή ανταλλαγή δεδομένων και μια βάση δεδομένων SQL (Structured Query Language) Cloud, ώστε οι πληροφορίες να αποθηκεύονται με δομημένο τρόπο.

Προκειμένου να αξιολογηθεί η αναπτυγμένη εφαρμογή και συνεπώς το προτεινόμενο πλαίσιο, πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές πειραμάτων. Τα πρώτα πειράματα επικεντρώθηκαν στον σχεδιασμό ενός νέου ρομποτικού κελιού, ενώ το δεύτερο επικεντρώθηκε στην προσαρμογή ενός υπάρχοντος ρομποτικού κελιού χρησιμοποιώντας την εφαρμογή ΕΠ.

Τα σετ πειραμάτων αποτελούνται από ένα σενάριο στο οποίο μια εταιρεία-πελάτης απαιτεί μια ρομποτική κυψέλη για τη γραμμή παραγωγής της. Το σενάριο απαιτεί ότι η ζητούμενη διαμόρφωση κυψέλης πρέπει να λαμβάνει προϊόντα από ένα απόθεμα εισόδου, να τα μεταφέρει σε παρτίδες των τεσσάρων σε έναν σταθμό διαδικασίας διάτρησης και στη συνέχεια να τα μεταφέρει ξανά για να συσκευαστούν σε σακούλες, από ανθρώπινο εργατικό δυναμικό, όπου θα συγκεντρώνονται σε απόθεμα εξόδου.

Ο υπεύθυνος μηχανικός της εταιρείας-πελάτη χρησιμοποιεί την εφαρμογή, για να κατασκευάσει την επιθυμητή ψηφιακή διαμόρφωση και στη συνέχεια για να την στείλει στον κατασκευαστή ρομποτικών κελιών. Η πλήρως κατασκευασμένη ρομποτική κυψέλη, αποτελείται από τέσσερις ρομποτικούς βραχίονες με τις αντίστοιχες λαβές, τρεις μεταφορείς, ένα σταθμό αποθέματος εισόδου, έναν σταθμό αποθέματος εξόδου και δύο ενδιάμεσους σταθμούς προσωρινής αποθήκευσης. Τα δύο ρομπότ που επιφορτίζονται με τη μεταφορά των μη συσκευασμένων προϊόντων είναι πανομοιότυπα και εξοπλισμένα με λαβή διπλού βραχίονα για να καλύπτουν τη ζήτηση για παρτίδες προϊόντων των τεσσάρων. Η διαδικασία διάτρησης ολοκληρώνεται από ένα ρομπότ διάτρησης, ενώ το ρομπότ που έχει επιφορτιστεί με τη μεταφορά των συσκευασμένων προϊόντων στο απόθεμα εξόδου είναι εξοπλισμένο με λαβή τύπου γνάθου για σακούλες. Τέλος, η περίφραξη αποτελείται από πανομοιότυπα πάνελ και οι μεταφορείς που επιλέγονται είναι τύπου κυλίνδρου.

Από όλα τα παραπάνω και την συνολική εκπόνηση της Σπουδαστικής Εργασίας, συνάγεται το συμπέρασμα ότι η προτεινόμενη εφαρμογή ΕΠ μπορεί να είναι ένα εφαρμόσιμο εργαλείο για την ψηφιοποίηση των διαδικασιών σχεδιασμού και την απλοποίηση της παραγωγής, που απαιτεί η εποχή της 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης. Στο μέλλον, το πλαίσιο πρέπει να επικυρωθεί και να αξιολογηθεί σε πολλές άλλες περιπτώσεις παραγωγής για να παραχθούν περισσότερα μετρήσιμα αποτελέσματα, ενώ η πλατφόρμα θα μπορούσε να προσαρμοστεί και σε άλλους κλάδους. Οι μελλοντικές εργασίες θα επικεντρωθούν στη βελτίωση του πλαισίου όσον αφορά την εφαρμογή, τη συγκέντρωση και διαχείριση δεδομένων και την ασφάλεια.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

-	Industry 4.0	Βιομηχανία 4.0 / Βιομηχανία 4 ^{ης} Γενιάς
-	Frugal Production and Innovation	Λιτή Παραγωγή και Καινοτομία
MC	Mass Customization	Μαζική Προσαρμογή
PP	Product Personalization	Εξατομίκευση Προϊόντων
IoT	Internet of Things	Διαδύκτιο των Πραγμάτων
AR	Augmented Reality	Επαυξημένη Πραγματικότητα
BD	Big Data	Μεγάλα Δεδομένα
CPS	Cyber Physical System	Κυβερνο-φυσικό Σύστημα
PSS	Product Service System	Σύστημα Προϊόντος-Υπηρεσίας
HMD	Head Mounted Display	Οθόνη Κεφαλής
IAR	Industrial Augmented Reality	Βιομηχανική Επαυξημένη Πραγματικότητα
OEM	Original Equipment Manufacturer	Κατασκευαστής Αρχικού Εξοπλισμού
UI	User Interface	Διεπαφή Χρήστη
FTP	File Transfer Protocol	Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείου
SQL	Structured Query Language	Δομημένη Γλώσσα Ερωτήματος
UML	Unified Modeling Language	Ενοποιημένη Γλώσσα Σχεδιασμού
GUI	Graphical User Interface	Γραφική Διεπαφή Χρήστη
r_c	Vector of ideal image coordinates of a point	Διάνυσμα συσυντεταγμένων σημείου σε εικόνα
T	Pose Matrix	Πίνακας στάσης του χρήστη
r	Vector of real world coordinates of a point	Διάνυσμα πραγματικών συσυντεταγμένων σημείου
$[R t]$	Rotation Matrix	Πίνακας Περιστροφής
r_{pix}	Vector of pixel coordinates of a point	Διάνυσμα συσυντεταγμένων σημείου σε πίξελ
$[C]$	Calibration Matrix	Πίνακας Βαθμονόμησης
D	Depth	Βάθος
R	Range	Απόσταση
U	Horizontal distance value of a point	Τιμή Οριζόντιας απόστασης ενός σημείου
V	Vertical distance value of a point	Τιμή Κατακόρυφης απόστασης ενός σημείου