



Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Τμήμα Βιομηχανικής Διοίκησης & Τεχνολογίας

Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης στη Βιομηχανική
Διοίκηση & Τεχνολογία

Κατεύθυνση: Διοίκηση Έργων & Ανάπτυξη Προϊόντων

Μεταπτυχιακή Εργασία

**Μελέτη, σχεδιασμός και υλοποίηση καταναμημένων
συστημάτων παραγωγής (distributed manufacturing systems).**

Από τον μεταπτυχιακό φοιτητή Γεώργιο Μπίτζα (Α.Μ.: ΤΜΔ1505)

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Γιαννατσής

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Ιούνιος 2017

ΔΗΛΩΣΗ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι:

Η εργασία αυτή είναι πρωτότυπη και εκπονήθηκε αποκλειστικά και μόνο για την απόκτηση του συγκεκριμένου μεταπτυχιακού τίτλου.

Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του μη πρωτότυπου υλικού ΜΔΕ ανήκουν στο μεταπτυχιακό φοιτητή και το επιβλέπον μέλος ΔΕΠ εις ολόκληρο, δηλαδή εκάτερος μπορεί να κάνει χρήση αυτών χωρίς τη συναίνεση άλλου. Τα πνευματικά δικαιώματα χρησιμοποίησης του πρωτότυπου μέρους ΜΔΕ ανήκουν στον μεταπτυχιακό φοιτητή και τον επιβλέποντα από κοινού, δηλαδή δεν μπορεί ο ένας από τους δύο να κάνει χρήση αυτού χωρίς τη συναίνεση του άλλου. Κατ' εξαίρεση, επιτρέπεται η δημοσίευση του πρωτότυπου μέρους της διπλωματικής εργασίας σε επιστημονικό περιοδικό ή πρακτικά συνεδρίου από τον ένα εκ των δύο, με την προϋπόθεση ότι αναφέρονται τα ονόματα και των δύο (ή των τριών σε περίπτωση συνεπιβλέποντα) ως συν-συγγραφέων. Στην περίπτωση αυτή προηγείται γραπτή ενημέρωση του μη συμμετέχοντα στη συγγραφή του επιστημονικού άρθρου. Δεν επιτρέπεται η κατά οποιοδήποτε τρόπο δημοσιοποίηση υλικού το οποίο έχει δηλωθεί εγγράφως ως απόρρητο.

Ο μεταπτυχιακός φοιτητής

Μπίτζας Γεώργιος

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εποχή του διαδικτύου και της πληροφορίας, και σε μια κοινωνία περισσότερο συνειδητοποιημένη όσον αφορά τις καταναλωτικές της συνήθειες, πολλές επιχειρήσεις αναζητούν τρόπους προκειμένου να ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις και να είναι ανταγωνιστικές. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο, πρέπει να υιοθετηθούν νέα μοντέλα, που θα επιτρέπουν μικρή και ευέλικτη παραγωγή, κοντά στον τελικό χρήστη, που θα επικεντρώνουν στις ιδιαίτερες ανάγκες των πελατών, ενώ την ίδια στιγμή θα εξασφαλίζουν σωστή διαχείριση των πόρων και οικονομική βιωσιμότητα για τις επιχειρήσεις. Στην κατεύθυνση αυτή μπορεί να συντελέσει σημαντικά η ανάπτυξη των τεχνολογιών της πληροφορίας και του διαδικτύου, καθώς και η καθιέρωση νέων μεθόδων για την παραγωγή προϊόντων, όπως η τριδιάστατη εκτύπωση.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται και αναλύεται το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής (distributed manufacturing). Πιο συγκεκριμένα, τονίζονται οι ιδιαιτερότητες του συγκεκριμένου μοντέλου παραγωγής σε σύγκριση με τα παραδοσιακά μοντέλα, καθώς και οι παράγοντες που το καθιστούν μια επιλογή για βιώσιμη παραγωγή. Μέσα από την ανάλυση, διακρίνονται τα στοιχεία και οι τεχνολογίες που επιτρέπουν την υλοποίηση ενός συστήματος κατανεμημένης παραγωγής, ενώ μέσα από την παρουσίαση υπαρκτών περιπτώσεων δίνεται μια πιο σαφής και συγκεκριμένη εικόνα για το πώς πρέπει να λειτουργούν τα μελλοντικά συστήματα παραγωγής. Τελικός στόχος είναι να δοθεί ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο πάνω στο οποίο μπορεί να σχεδιαστεί ένα σύστημα για κατανεμημένη παραγωγή προϊόντων και να εξακριβωθεί, σε ένα βαθμό, η αποτελεσματικότητα του μοντέλου για διάφορες εφαρμογές, όπως αυτές θα παρουσιαστούν στις επόμενες σελίδες.

Λέξεις κλειδιά: Κατανεμημένη παραγωγή, συστήματα παραγωγής, τριδιάστατη εκτύπωση, επιχειρηματικό μοντέλο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κ. Ιωάννη Γιαννατσή, για την άψογη συνεργασία και την υποστήριξη, καθώς και για τα σημαντικά ερεθίσματα που έλαβα μέσα από την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας.

Επίσης, με την ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών σπουδών μου, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος για την πολύτιμη συνεισφορά τους και τον επαγγελματισμό που επέδειξαν ώστε να βρίσκεται το πρόγραμμα σε ένα υψηλό επίπεδο.

Τέλος, ένα ευχαριστώ σε όλους τους συμφοιτητές μου για την συνεργασία που είχαμε και να τους ευχηθώ καλή συνέχεια στην μετέπειτα πορεία τους, προσωπικά και επαγγελματικά.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ	i
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	iii
ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	vi
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	vii
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	9
Κεφάλαιο 2: Κατανεμημένα συστήματα παραγωγής	11
2.1: Εισαγωγή.....	11
2.2: Παράγοντες που ωθούν την ανάπτυξη συστημάτων κατανεμημένης παραγωγής	13
2.3: Σύγκριση με παραδοσιακά συστήματα παραγωγής.....	16
2.4: Βιωσιμότητα μέσω κατανεμημένης παραγωγής	20
2.4.1: Οικονομική διάσταση.....	20
2.4.2: Οικολογική διάσταση	21
2.4.3: Κοινωνική διάσταση.....	22
2.4.4: Πολιτική-θεσμική διάσταση.....	22
Κεφάλαιο 3: Κατανεμημένα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων (Agent-based systems).....	23
3.1: Εισαγωγή.....	23
3.2: Ευφυή συστήματα παραγωγής.....	23
3.2.1: Πράκτορες	24
3.2.2: Συστήματα πολλαπλών πρακτόρων	26
Κεφάλαιο 4: Καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα	29
Κεφάλαιο 5: Νέφος Παραγωγής (Cloud Manufacturing).....	33
5.1: Εισαγωγή.....	33
5.2: Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)	37
5.3: Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things).....	41
Κεφάλαιο 6: Προσθετική κατασκευή	46
6.1: Εισαγωγή.....	46
6.2: Τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής.....	46
6.2.1: Φωτοπολυμερισμός σε κάδο (VAT Photopolymerization)	47
6.2.2: Εναπόθεση υλικού (Material Jetting)	47
6.2.3: Εναπόθεση συγκολλητικής ουσίας (Binder Jetting)	48
6.2.4: Εξώθηση υλικού (Material Extrusion)	49

6.2.5: Σύντηξη πούδρας σε κλίνη (Powder Bed Fusion).....	50
6.2.6: Συγκόλληση φύλλων (Sheet Lamination)	51
6.2.7: Εναπόθεση με κατευθυνόμενη ενεργειακή δέσμη (Directed Energy Deposition)	52
6.3: Εφαρμογή τεχνολογιών 3D εκτύπωσης στη βιομηχανία	53
6.4: Οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις	59
Κεφάλαιο 7: Περιπτώσεις και μοντέλα καταναμημένης παραγωγής.....	62
7.1: Η περίπτωση της AtFAB	62
7.2: Η περίπτωση της Local Motors.....	64
7.3: Δίκτυα καταναμημένης παραγωγής με 3D εκτύπωση.....	68
7.3.1: FabLabs	69
7.3.2: 3D Hubs.....	73
7.3.3: Η περίπτωση της Ponoko	76
7.4: Συμπεράσματα	77
Κεφάλαιο 8: Υλοποίηση συστημάτων καταναμημένης παραγωγής.....	79
8.1: Επιχειρησιακό μοντέλο συστημάτων καταναμημένης παραγωγής.....	79
8.2: Εφαρμογή μοντέλου καταναμημένης παραγωγής για την παραγωγή κοσμημάτων	86
Κεφάλαιο 9: Αξιολόγηση παραγωγής με καταναμημένα συστήματα τριδιάστατης εκτύπωσης.....	94
Κεφάλαιο 10: Τελικά συμπεράσματα	101
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	103

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1: Σύγκριση συγκεντρωτικής και αποκεντρωμένης παραγωγής (σελ. 18)
- Εικόνα 2: Από την μαζική παραγωγή στη μαζική εξατομίκευση (σελ. 19)
- Εικόνα 3: Μέγεθος μεταφορών σε παραδοσιακά και καταναμημένα συστήματα παραγωγής (σελ. 21)
- Εικόνα 4: Ευφυές σύστημα παραγωγής (σελ. 24)
- Εικόνα 5: Ευφυής πράκτορας (σελ. 26)
- Εικόνα 6: Σύστημα πολλαπλών πρακτόρων (σελ. 27)
- Εικόνα 7: Σύνδεση τεχνολογικών τάσεων και αγοραστικών αναγκών (σελ. 32)
- Εικόνα 8: Δομή συστήματος νέφους παραγωγής (σελ. 36)
- Εικόνα 9: Τεχνολογίες συστήματος νέφους παραγωγής (σελ. 37)
- Εικόνα 10: Δομή του υπολογιστικού νέφους (σελ. 38)
- Εικόνα 11: Η «κοινωνία» του Internet of Things (σελ. 41)
- Εικόνα 12: Η δομή του Industrial Internet of Things (σελ. 43)
- Εικόνα 13: Η τεχνολογία φωτοπολυμερισμού σε κάδο (σελ. 47)
- Εικόνα 14: Η τεχνολογία εναπόθεσης υλικού (σελ. 48)
- Εικόνα 15: Η τεχνολογία εναπόθεσης συγκολλητικής ουσίας (σελ. 49)
- Εικόνα 16: Η τεχνολογία εναπόθεσης – εξώθησης υλικού (σελ. 50)
- Εικόνα 17: Η τεχνολογία επιλεκτικής συσσωμάτωσης με λέιζερ (σελ. 51)
- Εικόνα 18: Η τεχνολογία συγκόλλησης φύλλων (σελ. 52)
- Εικόνα 19: Η τεχνολογία εναπόθεσης με κατευθυνόμενη ενεργειακή δέσμη (σελ. 53)
- Εικόνα 20: Τοπική παραγωγή με τριδιάστατη εκτύπωση (σελ. 56)
- Εικόνα 21: Η πορεία προς το social manufacturing (σελ. 57)
- Εικόνα 22α: Η παρούσα αλυσίδα εφοδιασμού (σελ. 58)
- Εικόνα 22β: Η αλυσίδα εφοδιασμού με βάση την τριδιάστατη εκτύπωση (σελ. 59)
- Εικόνα 23: Μοντέλο καταναμημένης παραγωγής της AtFAB (σελ.63)
- Εικόνα 24: Βασικές αρχές του μοντέλου της AtFAB (σελ. 64)
- Εικόνα 25: Το μοντέλο των microfactories της Local Motors (σελ. 66)
- Εικόνα 26: Η συνεργατική σχεδίαση και παραγωγή, βασική αρχή στην Local Motors (σελ. 67)

- Εικόνα 27: Αρχές λειτουργίας των Fablabs (σελ. 70)
- Εικόνα 28: Περιβάλλον δραστηριοποίησης των Fablabs (σελ. 71)
- Εικόνα 29: Το παγκόσμιο δίκτυο των 3D Hubs (σελ. 74)
- Εικόνα 30: Υπηρεσία τριδιάστατης εκτύπωσης από το 3D Hubs (σελ. 75)
- Εικόνα 31: Υπηρεσία τριδιάστατης εκτύπωσης από την Ponoko (σελ. 76)
- Εικόνα 32: Το μοντέλο των print shops από την DHL (σελ. 81)
- Εικόνα 33: Συμμετοχή του πελάτη στα διάφορα στάδια παραγωγής (σελ. 82)
- Εικόνα 34: Επιχειρηματικό μοντέλο για κατανεμημένη παραγωγή (σελ. 85)
- Εικόνα 35: Η μέθοδος Lost Wax Printing and Casting (σελ. 88)
- Εικόνα 36: Παραγωγή κοσμημάτων με τη μέθοδο Directive Metal Laser Sintering (σελ. 89)
- Εικόνα 37: Εκτυπώσιμα κοσμήματα από πολυαμίδη (σελ. 89)
- Εικόνα 38: Κόσμημα από την εταιρία i-materialize (σελ. 91)
- Εικόνα 39: Η online πλατφόρμα της Jweel (σελ. 92)
- Εικόνα 40: Αντικείμενο προς εκτύπωση (σελ. 97)

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1: Μοντέλα κατανεμημένης παραγωγής (σελ. 13)
- Πίνακας 2: Διαχρονική εξέλιξη συστημάτων παραγωγής (σελ. 34)

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Σε μια ευρεία ανταγωνιστική αγορά, τα συστήματα παραγωγής παρουσιάζουν απαιτήσεις που οδηγούν σε κατανεμημένες εφαρμογές, αυτοοργανώμενες, συνεργαζόμενες σε ένα ενιαίο δίκτυο. Στο κοντινό μέλλον, τα καθιερωμένα μοντέλα παραγωγής θα συνεχίσουν να μεταβάλλονται προκειμένου να είναι σύμφωνα με την ανάγκη για περισσότερο εξατομικευμένη παραγωγή, προσανατολισμένη στις ανάγκες του πελάτη και με μικρότερους χρόνους παράδοσης, στην κατεύθυνση της έννοιας της παραγωγής κατά παραγγελία (production on demand). Ως εκ τούτου, η ιδέα της κατανεμημένης παραγωγής (distributed manufacturing) με ένα δίκτυο γεωγραφικά κατανεμημένων συστημάτων παραγωγής παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στον παραπάνω συλλογισμό. Για αυτό το λόγο απαιτούνται νέα και καινοτόμα μοντέλα για μικρές, ευέλικτες παραγωγικές μονάδες, οργανωμένες σε αποκεντρωμένα δίκτυα παραγωγής, οι οποίες θα λαμβάνουν υπόψη τις τοπικές και ατομικές ανάγκες.

Στην παρούσα εργασία γίνεται εκτενής μελέτη για το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής και τις δυνατότητες που αυτή δίνει για βιώσιμη ανάπτυξη. Πιο συγκεκριμένα:

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των συστημάτων κατανεμημένης παραγωγής και γίνεται η σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα μαζικής, συγκεντρωτικής παραγωγής.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η πρώτη προσέγγιση των συστημάτων κατανεμημένης παραγωγής, μέσα από τη θεωρία των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων (multi-agent based systems).

Στο Κεφάλαιο 4 αναφέρονται οι απαιτήσεις των σύγχρονων επιχειρηματικών μοντέλων και αναλύεται η συσχέτιση μεταξύ των απαιτήσεων αυτών με τις σύγχρονες τεχνολογίες και τεχνολογικά μέσα.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η θεωρία του Νέφους Παραγωγής (Cloud Manufacturing), καθώς επίσης και των στοιχείων που το συνθέτουν, όπως το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things).

Στο Κεφάλαιο 6 γίνεται ξεχωριστή και εκτενής αναφορά στην τεχνολογία της τριδιάστατης εκτύπωσης και τις δυνατότητες που δίνει για αποκεντρωμένη, τοπική παραγωγή προϊόντων, κοντά στον τελικό χρήστη.

Στις σελίδες του Κεφαλαίου 7 παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα από υπάρχοντα μοντέλα καταναμημένης παραγωγής και αναλύονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

Στο Κεφάλαιο 8 μελετάται ένα γενικό επιχειρησιακό μοντέλο για την αποτελεσματική επίτευξη ενός συστήματος καταναμημένης παραγωγής, ενώ δίνεται και μια πρακτική εφαρμογή του, για την παραγωγή μοναδικών κοσμημάτων με χρήση τεχνολογιών τριδιάστατης εκτύπωσης.

Σε συνέχεια της ανάλυσης σχετικά με την καταναμημένη παραγωγή με τριδιάστατη εκτύπωση, στο Κεφάλαιο 9 αξιολογείται η οικονομική εφικτότητα της τεχνολογίας, μέσω ενός πρακτικού παραδείγματος.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 10 εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα από την παρούσα εργασία, ενώ ταυτόχρονα διατυπώνονται και διάφοροι προβληματισμοί που χρήζουν περαιτέρω έρευνας και αναζήτησης.

Κεφάλαιο 2: Κατανεμημένα συστήματα παραγωγής

2.1: Εισαγωγή

Ο παγκόσμιος ανταγωνισμός και οι ολοένα αυξανόμενες αγοραστικές ανάγκες και απαιτήσεις επιβάλλουν σημαντικές αλλαγές σε ότι αφορά τις μεθόδους παραγωγής και μια αναδιάταξη των βιομηχανικών επιχειρήσεων. Σταδιακά, οι παραδοσιακοί συγκεντρωτικοί μηχανισμοί σχεδιασμού, οργάνωσης, εκτέλεσης και ελέγχου αποδεικνύονται ανεπαρκής ως προς την ευελιξία τους στις συνεχιζόμενες αλλαγές που επιτάσσουν οι νέες κατασκευαστικές απαιτήσεις και περιορίζουν σημαντικά τις δυνατότητες αναδιαμόρφωσης των συστημάτων παραγωγής.

Σε μια πιο παγκοσμιοποιημένη αγορά, πολλές επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν την πρόκληση να διαχειρίζονται λειτουργίες σε απομακρυσμένα μεταξύ τους περιβάλλοντα. Είναι επίσης απαραίτητο να ανταποκρίνονται στο παγκόσμιο αγοραστικό κοινό και να μπορούν να αναγνωρίζουν εγκαίρως τις αναδυόμενες αγοραστικές ευκαιρίες (United Nations Industrial Development Organization, 2013). Μερικά από τα χαρακτηριστικά που πρέπει να παρουσιάζουν οι επιχειρήσεις αυτές είναι:

- Αποτελεσματική συνεργασία κατά μήκος πολυεπίπεδων και πολύπλοκων αλυσίδων εφοδιασμού.
- Ευέλικτη αλυσίδα εφοδιασμού, που θα μπορεί να αντιδρά στις γρήγορες αλλαγές της αγοράς και θα ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στη συνεχώς μεταβαλλόμενη ζήτηση.
- Εύκολη πρόσβαση σε οποιαδήποτε πληροφορία, έγκυρα και έγκαιρα, σε πραγματικό χρόνο, με στόχο την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων.

Γενικά, τα συστήματα παραγωγής αποτελούνται από διαφορετικά στοιχεία, τα οποία λειτουργούν σε ετερογενή περιβάλλοντα, αφορούν διαφορετικές διαδικασίες για διαφορετικά προϊόντα και επικοινωνούν με διάφορους τρόπους. Την ίδια στιγμή, η ανάγκη για περισσότερο εξατομικευμένα προϊόντα και η απαίτηση από μέρους των πελατών για ενισχυμένη συνεισφορά στο σχεδιασμό και την παραγωγή ολοένα και αυξάνονται, δημιουργώντας μια επιπλέον πίεση στις επιχειρήσεις, αναγκάζοντας τις να στραφούν σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα και διαδικασίες (Seregni κ.α.,2015). Τα νέα μοντέλα καλούνται να επιλύσουν προβλήματα που σχετίζονται με την ανάγκη για ευέλικτη και γρήγορη προσαρμογή σε οποιαδήποτε αλλαγή.

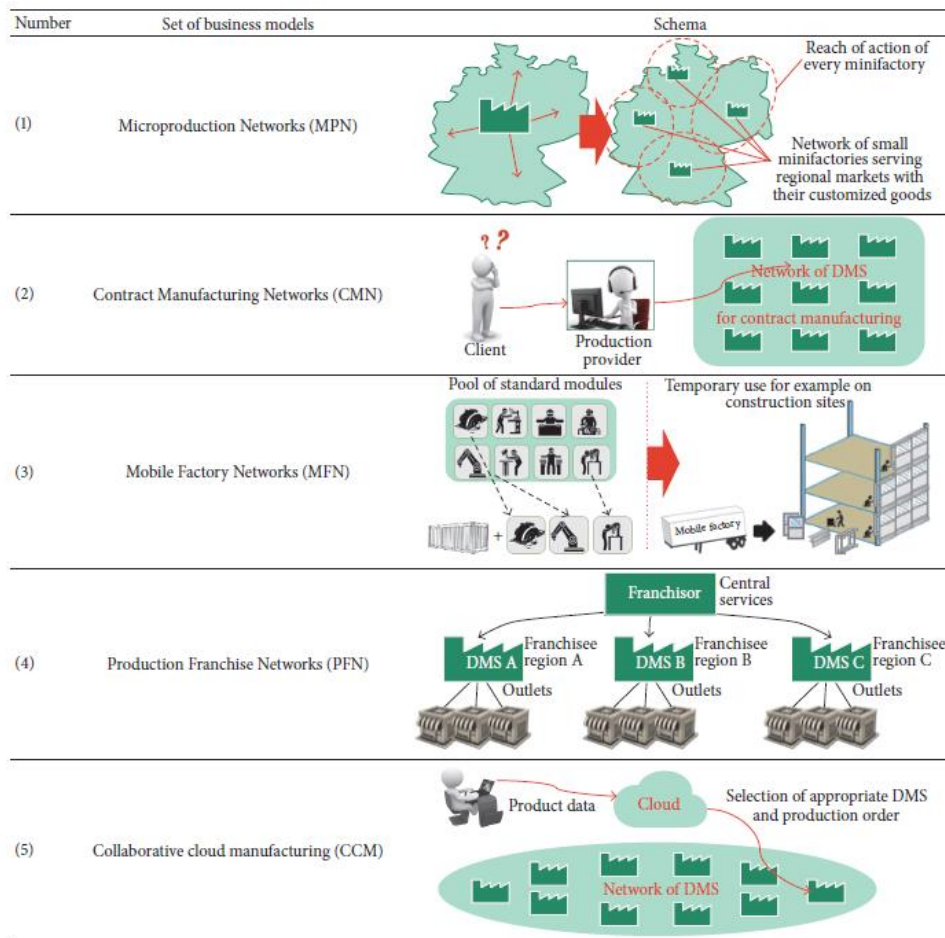
Η παραγωγή με τη χρήση κατανεμημένων συστημάτων είναι μια μορφή αποκεντρωμένης παραγωγής που εφαρμόζεται από εταιρείες χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο εγκαταστάσεων απλωμένο γεωγραφικά, οι οποίες διοικούνται απομακρυσμένα κάνοντας χρήση της τεχνολογίας της πληροφορίας μέσω του διαδικτύου (Wikipedia, 2017).

Στην πραγματικότητα, η κατανεμημένη παραγωγή δεν μπορεί να οριστεί μονοσήμαντα. Υπάρχουν πολλοί όροι, όπως κατανεμημένη παραγωγή (distributed manufacturing), αποκεντρωμένη παραγωγή (decentralized manufacturing), τοπική παραγωγή (local manufacturing), οι οποίοι συχνά συγχέονται, ενώ έχουν ελαφρώς διαφορετικές σημασίες. Έτσι ένας γενικός ορισμός δεν μπορεί να συμπεριλάβει τις διάφορες ερμηνείες του τι είναι επί της ουσίας «κατανεμημένο» (Nesta, 2016).

Πολλές εταιρείες χρησιμοποιούν κατανεμημένα συστήματα παραγωγής, όμως ακόμα βασίζονται στα παραδοσιακά μοντέλα διοίκησης. Σε άλλες περιπτώσεις, η κατανεμημένη παραγωγή περιλαμβάνει την λειτουργία μικρών, τοπικών μονάδων παραγωγής (micro-factories). Μάλιστα, τα μοντέλα κατανεμημένης παραγωγής δεν

οδηγούν απαραίτητα και σε κατακεντρωμένα μοντέλα διοίκησης ή ιδιοκτησίας. Έτσι είναι πιθανό δίκτυα τοπικών παραγωγικών μονάδων να ανήκουν εξ ολοκλήρου στην ίδια επιχείρηση (Rauch κ.α., 2016).

Σε συνέχεια του ορισμού, ακόμα και όρος «κατακεντρωμένη» είναι σχετικός, όσον αφορά τη γεωγραφική διάσταση, καθώς μπορεί να κυμαίνεται από επίπεδο γειτονιάς ή περιοχής μέχρι επίπεδο χώρας.



Πίνακας 1: Μοντέλα κατακεντρωμένης παραγωγής

2.2: Παράγοντες που ωθούν την ανάπτυξη συστημάτων κατακεντρωμένης παραγωγής

Στο μέλλον αναμένεται μεγάλη η προοπτική για στροφή σε αποκεντρωμένες δομές παραγωγής, σύμφωνα με τις μεταβαλλόμενες κοινωνικές απαιτήσεις και τις ανάγκες που επιτάσσουν οι συνθήκες του ανταγωνισμού. Η αλλαγή αυτή εστιάζει σε έξι βασικά στοιχεία (Matt κ.α., 2015), τα οποία κατά κάποιο τρόπο θα καθορίσουν τα νέα

οργανωτικά και παραγωγικά μοντέλα που θα μπορούν να αντιμετωπίσουν τις νέες προκλήσεις:

1: Βιωσιμότητα

Η έννοια της βιωσιμότητας έχει ιδιαίτερη σημασία στην παραγωγή και την εφοδιαστική αλυσίδα. Το στοιχείο που ξεχωρίζει είναι η ικανότητα μιας επιχείρησης να δημιουργεί αξία για τους πελάτες της, ικανοποιώντας τις ανάγκες τους και βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους. Αυτό βέβαια πρέπει να γίνεται με υπεύθυνο τρόπο από άποψη οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική. Έτσι, στο σχεδιασμό και την οργάνωση των σύγχρονων συστημάτων παραγωγής πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ιδιαιτερότητα αυτή, προκειμένου η εκάστοτε επιχείρηση να είναι σε θέση να ανταποκριθεί στις παραπάνω απαιτήσεις.

2: Αύξηση του κόστους στην εφοδιαστική αλυσίδα

Πολλές έρευνες αποκαλύπτουν ότι, μετά από πολλά χρόνια πτώσης, παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση των εξόδων στον τομέα της διακίνησης και διανομής προϊόντων. Αυτά οφείλονται κυρίως στην αύξηση στην τιμή των καυσίμων και της ενέργειας, τα αυξημένα κόστη μεταφοράς και στα υψηλά έξοδα για μισθούς των εργαζόμενων στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η κλιματική αλλαγή και η αύξηση του κόστους για ενέργεια είναι οι σημαντικότερες προκλήσεις στον τομέα των μεταφορών. Σε μια έρευνα της PwC μάλιστα υποδεικνύεται ότι στο μέλλον πολλές βιομηχανίες θα στραφούν προς εναλλακτικά δίκτυα διανομής και παραγωγής, σε μια πιο αποκεντρωμένη δομή.

3: Μαζική εξατομίκευση (Mass customization)

Ο όρος μαζική εξατομίκευση αναφέρεται σε ένα πελατοκεντρικό σύστημα για μαζική παραγωγή, για μια σχετικά μεγάλη αγορά, το οποίο θα μπορεί να ικανοποιεί τις

ιδιαίτερες απαιτήσεις του κάθε πελάτη ξεχωριστά, σε επίπεδα κόστους κοντά με αυτά των παραδοσιακών μεθόδων μαζικής παραγωγής. Έτσι τα νέα συστήματα παραγωγής πρέπει να είναι σε θέση να παράγουν μικρές ποσότητες εξατομικευμένων προϊόντων με τρόπο ευέλικτο και να μπορούν να προσαρμόζονται γρήγορα και έγκαιρα στις συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες και απαιτήσεις.

4: Εκδημοκρατισμός του σχεδιασμού

Στο μέλλον, η διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος δεν θα περιορίζεται στα όρια της επιχείρησης, αλλά θα θεωρείται ως μια συνεργατική διαδικασία μεταξύ αυτής και των πελατών της. Σαν κομμάτι ενός τέτοιου συλλογισμού, τα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής πρόκειται να αντικατασταθούν από αποκεντρωμένες δομές. Το όραμα για ανοιχτή και ελεύθερη καινοτομία (Open Innovation) έγκειται στο ότι οι τελικοί χρήστες των προϊόντων θα μπορούν οι ίδιοι να συμμετέχουν στις διαδικασίες σχεδιασμού και παραγωγής, έχοντας πρόσβαση σε εργαλεία ψηφιακού σχεδιασμού και τεχνολογίες ανάπτυξης προϊόντων.

5: Επαφή με την αγορά και τους πελάτες

Η επαφή με τους πελάτες ήταν πάντα ένας σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία μιας επιχείρησης. Προκειμένου όμως μια επιχείρηση να μπορέσει να ξεχωρίσει και να διαφοροποιηθεί από τους ανταγωνιστές της, πρέπει να είναι σε θέση να διακρίνει τις ιδιαίτερες ανάγκες της κοινωνίας και να προσαρμόζεται γρήγορα σε αυτές. Γι' αυτό το λόγο απαιτούνται νέα μοντέλα κατανεμημένης παραγωγής, που θα λειτουργούν με μικρές και ευέλικτες εγκαταστάσεις, κοντά στην τοποθεσία των πελατών. Η ιδέα αφορά τη δημιουργία ενός δικτύου τοπικών micro-factories για την παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων, όσο το δυνατόν πιο κοντά στους πελάτες.

6: Τοπικός χαρακτήρας της παραγωγής

Με την ανάπτυξη αποκεντρωμένων συστημάτων παραγωγής ενισχύονται οι τοπικές οικονομίες στα σημεία λειτουργίας των micro-factories. Πολλές φορές οι πελάτες είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν κάτι παραπάνω για τοπικά προϊόντα, όταν μάλιστα είναι σε θέση να γνωρίζουν καλύτερα την προέλευση αυτών και τις διαδικασίες που ακολουθούνται, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει με τα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής.

2.3: Σύγκριση με παραδοσιακά συστήματα παραγωγής

Η καταναμημένη παραγωγή αποκεντρώνει τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και φέρνει την εφοδιαστική αλυσίδα σε ένα νέο επίπεδο. Υποστηριζόμενη από τις τεχνολογίες του διαδικτύου, μας επιτρέπει να μην είμαστε πλέον γεωγραφικά περιορισμένοι από την τοποθεσία ενός εργοστασίου ή ενός διανομέα. Μικρότερη ποσότητα αντικειμένων μπορεί να κατασκευαστεί οικονομικότερα, σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα μαζικής παραγωγής. Πέρα από τα οφέλη της συνεργασίας με τοπικούς, εξειδικευμένους κατασκευαστές, το πραγματικό κέρδος είναι η μεγάλη δυνατότητα εξατομίκευσης των προϊόντων, κάτι το οποίο δεν είναι οικονομικά εφικτό με τα κλασσικά συστήματα παραγωγής. Την στιγμή που τα παραδοσιακά συστήματα ακολουθούν μια μονοδιάστατη προσέγγιση σε ότι αφορά το σχεδιασμό και τις κατασκευαστικές μεθόδους, ένα μοντέλο καταναμημένης παραγωγής επιτρέπει σε εξειδικευμένους κατασκευαστές, εκμεταλλευόμενοι τις σύγχρονες μεθόδους παραγωγής που συνεχώς αναπτύσσονται και εξελίσσονται, να επικεντρωθούν σε αυτό που γνωρίζουν καλά, εξασφαλίζοντας την βιωσιμότητα τους, σε ένα όλο και πιο ανταγωνιστικό οικονομικό περιβάλλον.

Γενικότερα, συγκρίνοντας ένα παραδοσιακό σύστημα παραγωγής με ένα μοντέλο καταναμημένης παραγωγής, μπορούμε να διακρίνουμε τα εξής χαρακτηριστικά (Bella, 2015), τα οποία ενθαρρύνουν την ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος:

1: Μικρότερο επενδυτικό ρίσκο

Από τη στιγμή που υπάρχει μια αποκεντρωμένη βάση με πολλαπλές λειτουργίες και δυνατότητες, η ανάγκη για επενδύσεις σε μόνιμο εξοπλισμό είναι μικρότερη. Πλέον, η αναζήτηση υπηρεσιών για παραγωγή μικρών ποσοτήτων προϊόντων, σε εξειδικευμένους κατασκευαστές και σύμφωνα με τις εκάστοτε απαιτήσεις, είναι πολύ πιο εύκολη και οικονομικά βιώσιμη. Επίσης, η επιχείρηση αποφεύγει τον κίνδυνο συσσώρευσης αχρησιμοποίητου εξοπλισμού, γεγονός που θα είχε σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις.

2: Αυξημένη χρήση εργαλείων συνεργατικού σχεδιασμού

Οι εφαρμογές ανοιχτού κώδικα και κατανεμημένης παραγωγής βοηθούν να έρθουν σε επαφή σχεδιαστές, εφευρέτες, τεχνίτες και ιδιοκτήτες μικρών παραγωγικών μονάδων, εκσυγχρονίζοντας την εφοδιαστική αλυσίδα. Επιπλέον, το κόστος για την αδειοδότηση της χρήσης τέτοιων εφαρμογών είναι αισθητά μειωμένο. Τα εργαλεία αυτά παρέχουν τις κατάλληλες υποδομές ώστε επιτρέπουν σε μικρές αλλά και μεγάλες επιχειρήσεις να είναι ανταγωνιστικές, εκμεταλλευόμενες ένα τέτοιο ευέλικτο μοντέλο λειτουργίας. Ήδη εργαλεία όπως το SyncFAB έχουν αυξημένη προτίμηση σε εφαρμογές κατανεμημένης παραγωγής.

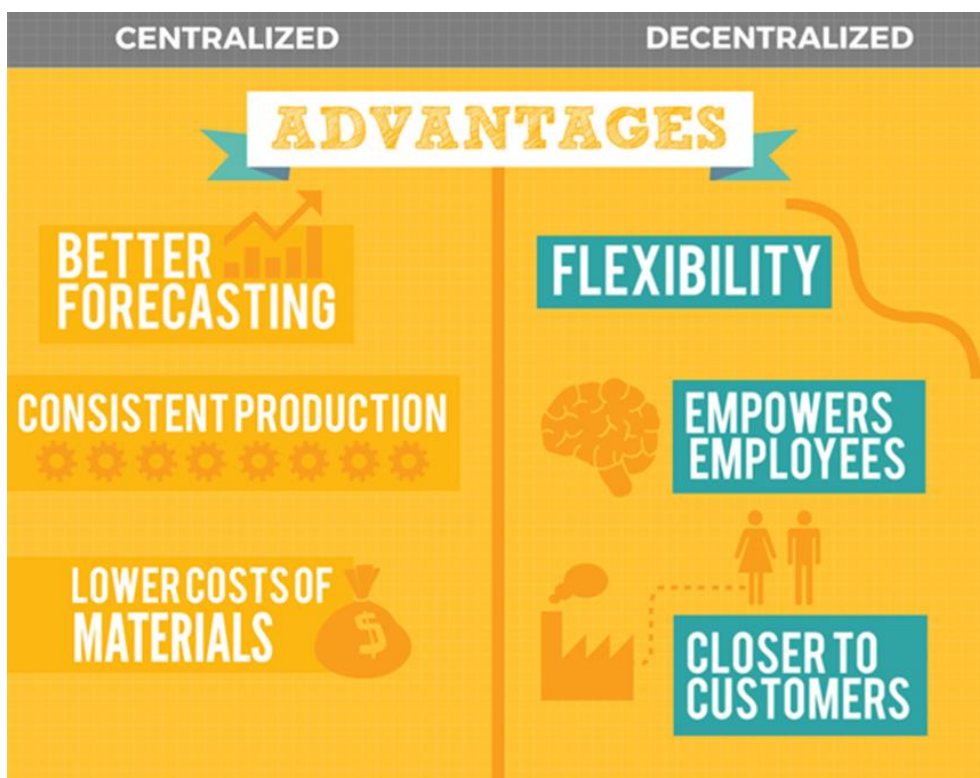
3: Περιβαλλοντική βιωσιμότητα

Η εξοικονόμηση ενέργειας και υλικών πόρων παίζει έναν επίσης σημαντικό ρόλο. Στις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής κυριαρχούν κατεργασίες αφαίρεσης υλικού για την δημιουργία των τελικών προϊόντων. Πρόκειται μάλιστα για αρκετά πολύπλοκες διαδικασίες, αφού απαιτούνται πολλαπλά βήματα προκειμένου να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Πλέον, με την καθιέρωση ενός συστήματος κατανεμημένης παραγωγής, και αξιοποιώντας τις νέες κατασκευαστικές τεχνολογίες, όπως η τριδιάστατη εκτύπωση

(3D printing), επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση των χρησιμοποιούμενων μηχανημάτων και εξάλειψη της ποσότητας των αποβλήτων των πρώτων υλών που αφήνουν οι παραδοσιακές τεχνολογίες παραγωγής.

4: Πολλαπλές επιλογές όσον αφορά το σχεδιασμό και την παραγωγή

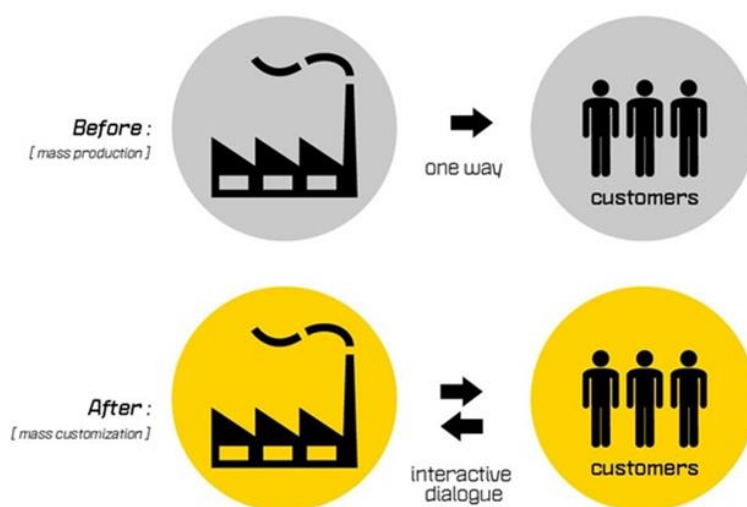
Η εφαρμογή της συνεργατικής σχεδίασης είναι κάτι που ωφελεί πρώτα απ' όλα τον ίδιο τον πελάτη. Με ένα σύστημα κατακεντρωμένης παραγωγής, κάποιος μπορεί εύκολα να αναζητήσει και να διαλέξει τον σχεδιαστή ή τεχνίτη με τον οποίο επιθυμεί να συνεργαστεί, συνδεδεμένος σε μια διαδικτυακή πλατφόρμα. Χωρίς να υπάρχουν περιορισμοί, ο καθένας θα μπορεί να επιλέξει τον κοντινό κατασκευαστή που πιστεύει ότι μπορεί να τον ικανοποιήσει ως προς την αξιοπιστία και την προσωπική προσδοκία από το τελικό προϊόν.



Εικόνα 1: Σύγκριση συγκεντρωτικής και αποκεντρωμένης παραγωγής

5: Βελτίωση της εφοδιαστικής αλυσίδας και εξοικονόμηση χρόνου

Δουλεύοντας με ένα αποκεντρωμένο δίκτυο από τοπικούς εξειδικευμένους τεχνίτες, τα μεταφορικά κόστη είναι μειωμένα, ενώ και οι χρόνοι παράδοσης και διάθεσης των προϊόντων στην αγορά είναι γρηγορότεροι. Η επικοινωνία μεταξύ πελάτη και κατασκευαστή είναι εύκολη και άμεση, οποιοσδήποτε αλλαγές πραγματοποιούνται εύκολα και ευέλικτα, και έτσι η παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων σε μικρές ποσότητες πραγματοποιείται με πολύ πιο γρήγορους ρυθμούς.



Εικόνα 2: Από την μαζική παραγωγή στη μαζική εξατομίκευση

6: Ευκολότερη διαχείριση παραγόμενων ποσοτήτων

Με την χρήση κατανεμημένης παραγωγής επιτυγχάνεται καλύτερη διαχείριση των αποθεμάτων και των πρώτων υλών. Υιοθετώντας ένα «έξυπνο» σύστημα διοίκησης, μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερη ευελιξία, παράγοντας προϊόντα με βάση την πραγματική ζήτηση.

7: Αποφυγή μεσαζόντων

Λαμβάνοντας ένα προϊόν από ένα σύστημα κατανεμημένης παραγωγής, αποφεύγεται η παρεμβολή μεσαζόντων και τα επιπλέον κόστη από αυτούς, καθώς η επικοινωνία πελάτη και κατασκευαστή είναι άμεση.

8: Ενίσχυση των τοπικών οικονομιών

Σε μικρές πόλεις και τοπικές κοινωνίες, οι οποίες έχουν επηρεαστεί από την παγκοσμιοποίηση, δίνεται η δυνατότητα πλέον να αναπτυχθούν μέσα από συστήματα καταναμημένης παραγωγής. Έτσι τοπικοί σχεδιαστές, κατασκευαστές, τεχνίτες και μεταφορείς μπορούν να ανακάμψουν οικονομικά και να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη των κοινωνιών στις οποίες δραστηριοποιούνται.

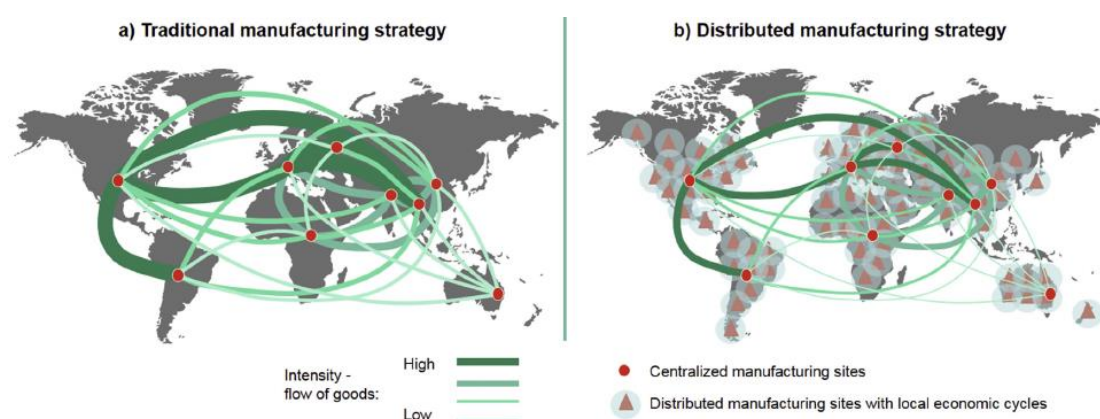
2.4: Βιωσιμότητα μέσω καταναμημένης παραγωγής

Η βιωσιμότητα είναι κομμάτι της βελτιστοποίησης της συνολικής αποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων, των προϊόντων και των διαδικασιών. Παραδοσιακά, η βιωσιμότητα έχει τρεις διαστάσεις: οικονομική, οικολογική και κοινωνική. Τα κόστη για ενέργεια και υλικούς πόρους έχουν αντίκτυπο στην οικονομική αποτελεσματικότητα. Η ορθή διαχείριση των πόρων είναι σημαντικός παράγοντας για την οικολογική αποτελεσματικότητα. Η κοινωνική διάσταση αποτυπώνεται από τις συνθήκες εργασίας, το επίπεδο της εκπαίδευσης, τις ικανότητες κλπ. Το παραπάνω μοντέλο μπορεί να επεκταθεί με την προσθήκη μιας ακόμη σημαντικής διάστασης, της πολιτικής-θεσμικής. Στη βάση των τεσσάρων αυτών διαστάσεων όσον αφορά τη βιωσιμότητα προκύπτουν σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με την θετική επίδραση που θα έχει η ανάπτυξη συστημάτων καταναμημένης παραγωγής στο μέλλον (Rauch κα., 2015).

2.4.1: Οικονομική διάσταση

Οι οικονομικές πτυχές της ανάπτυξης καταναμημένων συστημάτων παραγωγής ποικίλουν. Αρχικά, η καταναμημένη παραγωγή διευκολύνει την παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων. Με ήδη γνωστές και εφαρμόσιμες μεθόδους για μαζική εξατομίκευση είναι δυνατό να παράγουμε μεγάλες ποσότητες τροποποιημένων

προϊόντων με τη χρήση ευέλικτων συστημάτων. Με την χρήση αποκεντρωμένων μικρο-εργοστασίων οι τοπικές ιδιαιτερότητες και απαιτήσεις λαμβάνονται σοβαρά υπόψη για την ανάπτυξη νέων προϊόντων. Ένας επίσης σημαντικός οικονομικός παράγοντας είναι η μείωση των χρόνων παράδοσης, καθώς και των εξόδων για τη μεταφορά, με τη χρήση γεωγραφικά διεσπαρμένων συστημάτων παραγωγής. Η ανάπτυξη μοντέλων για τον αποτελεσματικό συντονισμό τέτοιων δικτύων είναι μια μεγάλη πρόκληση προς μελέτη για τα επόμενα χρόνια.



Εικόνα 3: Μέγεθος μεταφορών σε παραδοσιακά και καταναμημένα συστήματα παραγωγής

2.4.2: Οικολογική διάσταση

Χάρη στην ταχεία υιοθέτηση συστημάτων καταναμημένης παραγωγής οι μεγάλων αποστάσεων μεταφορές, οδικές, θαλάσσιες και εναέριες, πρόκειται να μειωθούν δραστικά (Rauch κ.α., 2016). Η μείωση αυτή του όγκου των μεταφορών θα επιφέρει σημαντικές μειώσεις στις εκπομπές CO₂ και ως εκ τούτου στην περιβαλλοντική ρύπανση. Με γνώμονα την αξιοποίηση των περιορισμένων αποθεμάτων ορυκτού καυσίμου και ενέργειας, η μείωση των μεταφορών θα συμβάλει σημαντικά στην προστασία του περιβάλλοντος.

2.4.3: Κοινωνική διάσταση

Δεν είναι λίγες οι επιχειρήσεις που λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής έχουν τις εγκαταστάσεις τους σε άλλες χώρες από αυτήν στην οποία εδρεύουν. Ευέλικτα συστήματα κατανομής παραγωγής είναι δυνατό να επιστρέψουν την παραγωγή στις χώρες αυτές, ακολουθώντας την τάση του Re-Shoring. Επιπλέον τούτου, θα παρατηρούσαμε και μια τάση για ανάδειξη του τοπικού χαρακτήρα της παραγωγής, ενισχύοντας έτσι την τοπική οικονομία. Άλλωστε πολλές φορές ο πελάτης γοητεύεται από τοπικά προϊόντα και είναι πρόθυμος να πληρώσει κάτι παραπάνω για αυτά. Με την τάση για Re-Shoring θα έχουμε και την εξάλειψη φαινομένων ανθρώπινης εκμετάλλευσης σε υποδεέστερες οικονομικά περιοχές. Η ενίσχυση της τοπικής παραγωγής θα δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας σε τοπικές επιχειρήσεις. Σημαντικό ωστόσο πλήγμα θα δεχτούν οι εργαζόμενοι στον τομέα των μεταφορών. Για αυτό απαιτείται η εύρεση κατάλληλων μοντέλων διαχείρισης τέτοιων συστημάτων ώστε να υπάρξει η καλύτερη δυνατή αξιοποίηση όλων των εμπλεκόμενων στην εφοδιαστική αλυσίδα.

2.4.4: Πολιτική-θεσμική διάσταση

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον από τις πολιτικές ηγεσίες σχετικά με το θέμα της βιωσιμότητας. Δεν είναι τυχαίο ότι παρατηρείται μια σημαντική αύξηση των χρηματοδοτούμενων έργων σχετικά με τη βιώσιμη ανάπτυξη και παραγωγή. Στο μέλλον πιο συγκεκριμένοι κανόνες πρόκειται να θεσπιστούν σχετικά με την μείωση των εκπομπών CO₂ και οι οποίοι θα ευνοήσουν σημαντικά την ανάπτυξη συστημάτων κατανομής παραγωγής. Πέρα αυτών όμως απαιτούνται και σημαντικά θεσμικά κίνητρα προκειμένου να ευδοκιμήσουν οι προσπάθειες για στροφή σε αποκεντρωμένη και τοπική παραγωγή.

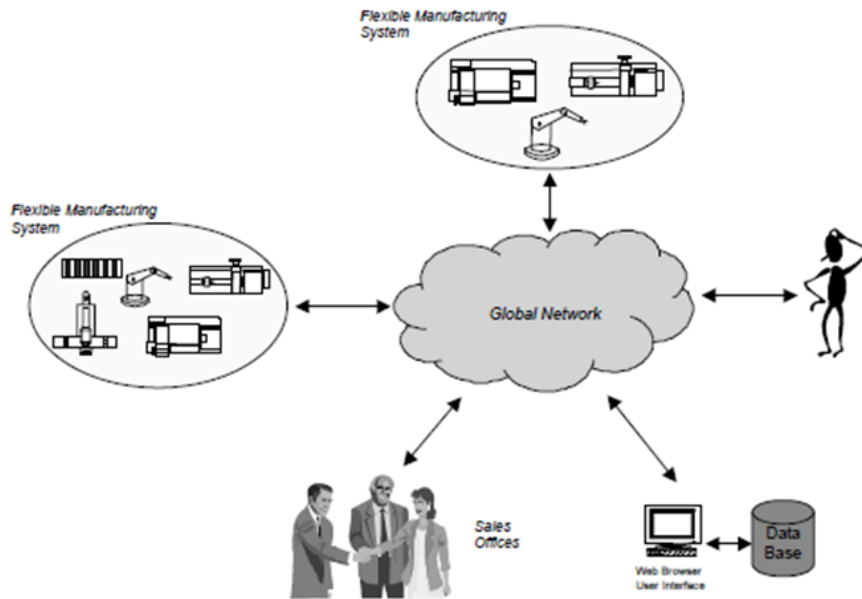
Κεφάλαιο 3: Κατανεμημένα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων (Agent-based systems)

3.1: Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι τα συστήματα παραγωγής είναι περίπλοκα, μεγάλου μεγέθους συστήματα για πολλούς λόγους, λειτουργικούς και δομικούς. Αυτή η πολυπλοκότητα καθιστά αυτά τα συστήματα δύσκολα ως προς την διαχείριση και τον έλεγχο. Επίσης, προκειμένου να ανταπεξέλθουν στις νέες απαιτήσεις της βιομηχανίας, τα συστήματα παραγωγής πρέπει να μπορούν να ικανοποιούν θεμελιώδεις απαιτήσεις όπως: εταιρική ενσωμάτωση, κατανεμημένη οργάνωση, ετερογενή περιβάλλοντα, διαλειτουργικότητα, δυναμικά μεταβαλλόμενη δομή, συνεργατικότητα, ανθρώπινη αλληλεπίδραση, ευελιξία, επεκτασιμότητα κ.α.

3.2: Ευφυή συστήματα παραγωγής

Μεθοδολογίες και τεχνικές από τον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιούνται στην παραγωγή για πάνω από 20 χρόνια. Ωστόσο, πρόσφατες εφαρμογές σε συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, στον τομέα της κατανεμημένης τεχνητής νοημοσύνης, ανέδειξαν καινούριες και ενδιαφέρουσες δυνατότητες. Τα κατανεμημένα ευφυή συστήματα παραγωγής, σύμφωνα με την θεωρία των ευφύων πρακτόρων (agent-based manufacturing systems), είναι βασισμένα στην τεχνολογία των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων (multi-agent systems) (Lima κα., 2006).



Εικόνα 4: Ευφυές σύστημα παραγωγής

3.2.1: Πράκτορες

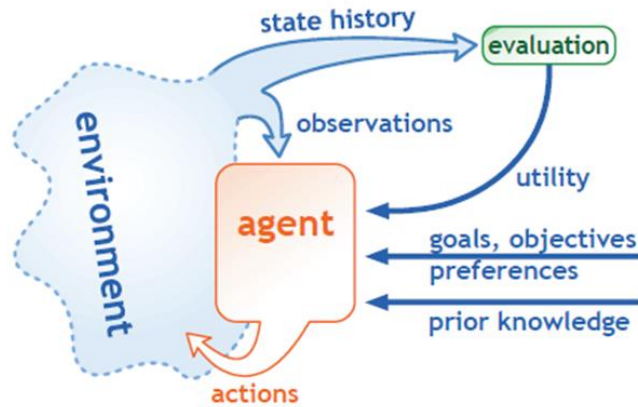
Για τον ορισμό του «πράκτορα» δεν υπάρχει μια αποκλειστική ερμηνεία. Εντούτοις, ένας πράκτορας μπορεί να οριστεί ως ένα στοιχείο, λογισμικό ή μηχανήμα, που είναι ικανό να υλοποιεί καθήκοντα. Οι πράκτορες είναι αυτόνομοι και ευφυείς, και μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους για να ολοκληρώσουν το απαιτούμενο έργο (Monostori κ.α., 2006).

Ένας πράκτορας δρα μέσα σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Μέσα σε αυτό, ο πράκτορας παρατηρεί τις εξελίξεις, αποκομίζει τη δική του γνώση και άποψη για αυτό, έχει προτιμήσεις όσον αφορά τις καταστάσεις του περιβάλλοντος του, και λαμβάνει δράσεις προκειμένου να το μεταβάλλει. Οι πράκτορες δρουν σε περιβάλλοντα που είναι μερικώς γνωστά και εύκολα προβλέψιμα. Οι αυτόνομοι πράκτορες έχουν την

ικανότητα να παίρνουν αποφάσεις μόνοι τους, ενεργώντας με τον καταλληλότερο για την περίπτωση τρόπο, με σκοπό να εκπληρώσουν τους προσωπικούς τους στόχους.

Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά που συναντάμε σε όλους τους ευφυείς πράκτορες είναι τα εξής:

1. Ενεργούν εκ μέρους του σχεδιαστή τους ή του χρήστη που αντιπροσωπεύουν με σκοπό να φτάσουν σε ένα συγκεκριμένο στόχο.
2. Είναι αυτόνομοι, από την άποψη ότι ελέγχουν τόσο την εσωτερική τους κατάσταση όσο και την συμπεριφορά τους στο περιβάλλον στο οποίο δρουν.
3. Εμφανίζουν μιας μορφής ευφυΐα, η οποία εκφράζεται μέσα από τις ενέργειες που υλοποιούν σε κάθε περίπτωση.
4. Αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον τους αλλά και με άλλους πράκτορες, στα πλαίσια ενός δικτύου.
5. Είναι ευέλικτοι και προσαρμόσιμοι, αφού μπορούν να ρυθμίζουν τη συμπεριφορά τους στις αλλαγές του περιβάλλοντος τους χωρίς την παρέμβαση του σχεδιαστή τους.

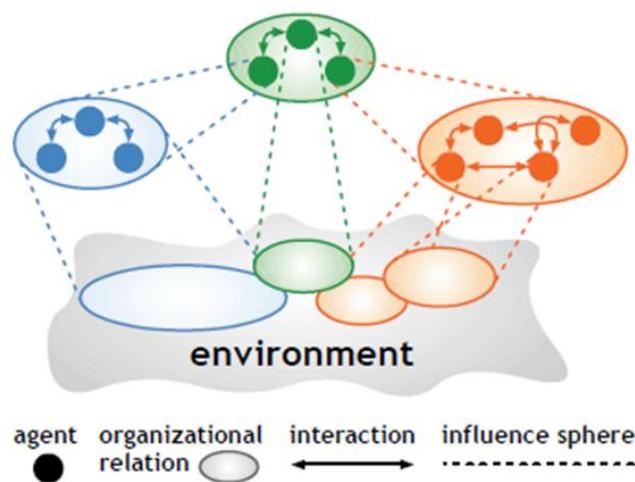


Εικόνα 5: Ευφυής πράκτορας

3.2.2: Συστήματα πολλαπλών πρακτόρων

Ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων (multi-agent system) δημιουργείται από ένα δίκτυο πρακτόρων που αλληλοεπιδρούν και επικοινωνούν μεταξύ τους. Σε ένα τέτοιο σύστημα οι αποφάσεις και οι ενέργειες των διαφόρων πρακτόρων έχουν άμεση αλληλεξάρτηση. Χάρη σε αυτή την αλληλεπίδραση των πρακτόρων μεταξύ τους, τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων μπορούν να επιλύσουν προβλήματα που είναι δύσκολο να επιλυθούν όταν ενεργεί ένας μόνο πράκτορας.

Σε ένα δίκτυο, ένας πράκτορας πρέπει να συντονίζει τις δράσεις του με αυτές των άλλων πρακτόρων, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των υπολοίπων προκειμένου να αποφασίσει πως θα ενεργήσει. Ο συντονισμός απαιτεί την απαραίτητη ροή πληροφοριών ανάμεσα στον κάθε πράκτορα και το περιβάλλον του, ή με απλά λόγια επικοινωνία. Ο συντονισμός μπορεί να επιτευχθεί είτε με έμμεση επικοινωνία μέσω του περιβάλλοντος, είτε με άμεση ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των πρακτόρων.



Εικόνα 6: Σύστημα πολλαπλών πρακτόρων

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων είναι η έννοια της συνεργατικότητας. Η συνεργατικότητα συνίσταται στην υλοποίηση συγκεκριμένων από κάθε πράκτορα ενεργειών, προκειμένου να επιτευχθεί ένας στόχος, ο οποίος είναι κοινός για όλους τους εμπλεκόμενους πράκτορες. Η υλοποίηση υψηλών στόχων και η ικανοποίηση των ιδιαιτεροτήτων ενός συστήματος απαιτούν συνεργασία σε ένα σύστημα όπου οι πράκτορες είναι αυτόνομοι και δρουν προς ιδίου όφελος.

Η συνολικότερη λειτουργία των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων καθορίζεται από την μορφή οργάνωσης που θα επιβληθεί στους πράκτορες του συστήματος. Παρόλο που δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποια μορφή συγκεντρωτικού ελέγχου, η θέσπιση κάποιων στοιχειωδών οργανωτικών κανόνων κρίνεται απαραίτητη, ώστε να καθορίζεται το εύρος δράσης του κάθε πράκτορα, καθώς και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις.

Τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων είναι κατάλληλα σε περιβάλλοντα κατανεμημένης παραγωγής, όπου οι διαδικασίες παρουσιάζουν χαρακτηριστικά όπως η πολυπλοκότητα και η ευμεταβλητότητα.

Κεφάλαιο 4: Καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα

Είναι σύνηθες να συνδέουμε την αλλαγή σε μια επιχείρηση με τον βαθμό που αυτή προσαρμόζεται και είναι σε θέση να ακολουθεί τις νέες τεχνολογικές τάσεις. Παρόλο που οι νέες τεχνολογίες αποτελούν έναν κρίσιμο παράγοντα, δεν είναι σε θέση να αλλάξουν μόνες τους μια επιχείρηση. Η ουσιαστική αλλαγή επιτυγχάνεται μέσα από την ανάδειξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων, που να μπορούν να συνδέουν τις τεχνολογίες αυτές με τις αναδυόμενες αγοραστικές ανάγκες.

Οι Stelios Kavadias, Kostas Ladas και Christoph Loch, σε μια μελέτη που δημοσιεύτηκε στο Harvard Business Review (Kavadias κ.α., 2016), παρουσίασαν τα συμπεράσματα τους ύστερα από την μελέτη σαράντα εταιριών, από διάφορους κλάδους, οι οποίες παρουσίαζαν ιδιαίτερου ενδιαφέροντος επιχειρηματικά μοντέλα. Η ομάδα αναζήτησε κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ των μοντέλων αυτών, καταλήγοντας σε έξι βασικά σημεία που καθιστούσαν αυτά τα μοντέλα ιδιαίτερα:

1. Παροχή εξατομικευμένων και «προσωπικών» προϊόντων ή υπηρεσιών.

Πολλά καινούρια επιχειρηματικά μοντέλα προσφέρουν προϊόντα και υπηρεσίες προσαρμοσμένα στον εκάστοτε ενδιαφερόμενο, ανάλογα με τις ανάγκες και τις προσωπικές και ιδιαίτερες επιθυμίες του.

2. Κλειστού βρόχου διαδικασίες (closed-loop processes)

Πολλά μοντέλα αντικαθιστούν τη γραμμική διαδικασία, σύμφωνα με την οποία τα προϊόντα παράγονται, χρησιμοποιούνται ή καταναλώνονται και πετιούνται, με νέα κλειστά συστήματα, όπου τα προϊόντα ανακυκλώνονται.

3. Διαμοιρασμός πόρων

Πολλά καινοτόμα μοντέλα επιτυγχάνουν επειδή επιτρέπουν το διαμοιρασμό δαπανηρών πόρων και περιουσιακών στοιχείων (χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η υπηρεσία του Airbnb). Ο διαμοιρασμός γίνεται κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού. Με αυτό τον τρόπο γίνεται ευκολότερο για τις νέες επιχειρήσεις να εισέλθουν στον κλάδο, καθώς δεν απαιτείται η κατοχή ακινήτων, τουλάχιστον στα πρώτα στάδια.

4. Χρέωση με βάση την χρήση

Πολλές επιχειρήσεις χρεώνουν τους πελάτες τους αποκλειστικά και μόνο με βάση την χρήση του προϊόντος ή της υπηρεσίας που τους παρέχουν, αντί να απαιτούν από αυτούς να πληρώσουν εξολοκλήρου. Με αυτό τον τρόπο οι πελάτες ωφελούνται καθώς αποφεύγουν περιττά έξοδα, αλλά και οι ίδιες οι επιχειρήσεις ενισχύουν την εικόνα τους στην αγορά.

5. Συνεργατικό οικοσύστημα

Τα νέα μοντέλα είναι επιτυχημένα επειδή οι καινούριες τεχνολογίες βελτιώνουν τη συνεργασία μεταξύ των συνεργατών στην εφοδιαστική αλυσίδα και βοηθούν στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των κινδύνων.

6. Ευέλικτη οργανωτική δομή

Οι νέες τεχνολογίες συχνά χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση από τα παραδοσιακά ιεραρχικά μοντέλα λήψης αποφάσεων, προκειμένου να αποτυπώνονται καλύτερα οι ανάγκες της αγοράς και να επιτυγχάνεται ταχύτερη προσαρμογή σε αυτές.

Στη συνέχεια της μελέτης αναπτύχθηκε η σύνδεση των χαρακτηριστικών αυτών με τις μακροπρόθεσμες τάσεις που αφορούν την αγοραστική ζήτηση, καθώς και αυτές σχετικά με την εξέλιξη της τεχνολογίας.

Από άποψη αγοράς, αυτό που διαπιστώνεται είναι η ολοένα και αυξανόμενη ζήτηση για προϊόντα και υπηρεσίες, σε συνδυασμό μάλιστα με την μεγάλη διαφοροποίηση στις ανάγκες και τις προτιμήσεις των πελατών. Οι αγοραστές πλέον είναι πιο συνειδητοποιημένοι και ιδιαίτερα απαιτητικοί, ζητώντας υψηλής ποιότητας προϊόντα και υπηρεσίες. Επίσης παράγοντες όπως η αύξηση των λειτουργικών εξόδων, καθώς και θέματα σχετικά με νομοθετικές ρυθμίσεις (όπως για τις επιπτώσεις στο περιβάλλον) είναι προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει μια επιχείρηση, προκειμένου να ισχυροποιήσει τη θέση της στην αγορά.

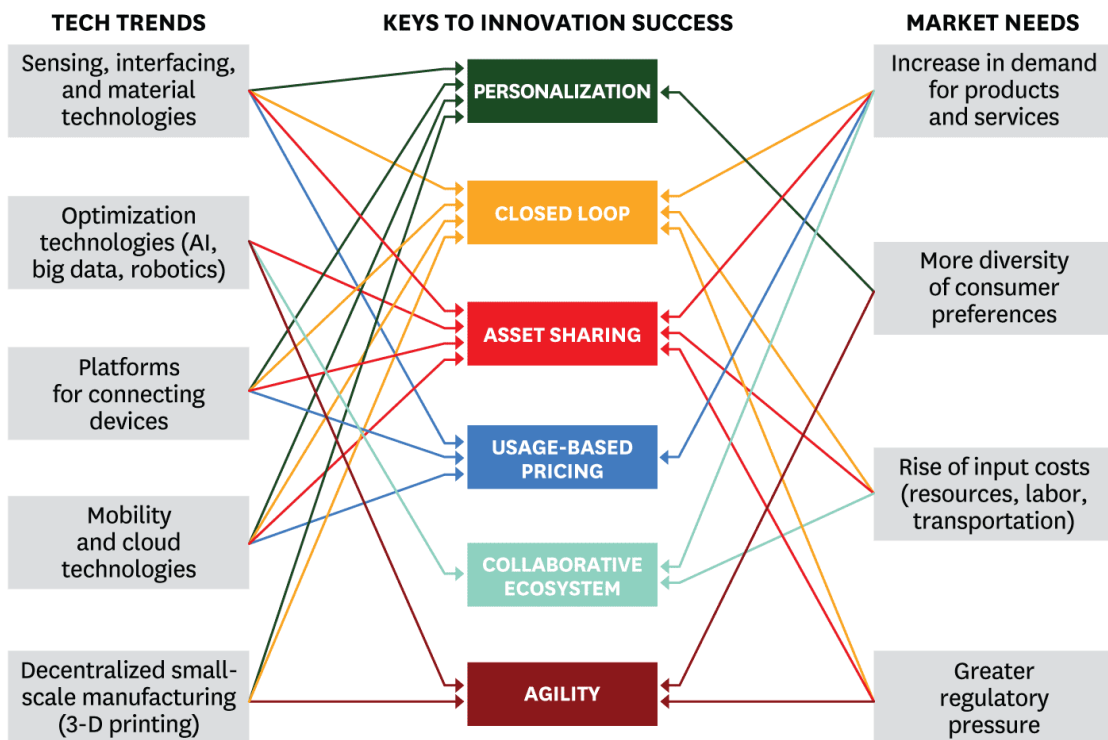
Από τεχνολογικής άποψης, αναμένεται ραγδαία εξέλιξη των συστημάτων παραγωγής και διοίκησης, όπου με την εφαρμογή ευφών μεθόδων θα γίνεται ευκολότερη η καταγραφή των πληροφοριών και η λήψη των απαραίτητων αποφάσεων. Ένα άλλο κομμάτι είναι η ανάπτυξη των τεχνολογιών του νέφους (cloud technologies) που επιτρέπουν την αποκεντρωμένη πρόσβαση σε δεδομένα και την δυνατότητα διαχείρισης και ανάλυσης αυτών. Τέλος, δεν μπορούμε να παραλείψουμε τις ραγδαίες εξελίξεις στις τεχνολογίες παραγωγής, με την τρισδιάστατη εκτύπωση να παρουσιάζεται ως ένα σημαντικό εργαλείο για την επίτευξη κατανεμημένης, μικρής κλίμακας παραγωγής.

Από τα παραπάνω συμπεράσματα μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό ότι η ανάπτυξη συστημάτων κατανεμημένης παραγωγής είναι μια προσέγγιση που είναι σε θέση να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Τόσο οι τεχνολογικές δυνατότητες, αλλά κυρίως τα χαρακτηριστικά που απαιτούν οι ανάγκες της αγοράς

ευνοούν την ανάπτυξη αποκεντρωμένων και ευέλικτων συστημάτων για την παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων, σύμφωνα και με τα έξι χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Η σύνδεση που έγινε μεταξύ αναγκών και τεχνολογιών αναδεικνύει το τεχνολογικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο μπορεί να δομηθεί ένα σύστημα κατανεμημένης παραγωγής, στοιχείο που θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Linking Technology and the Market

The six features that characterize successful innovation all link a recognized technology trend and a recognized market need. Trends were identified by an analysis of regularly published industry reports from think tanks and consulting companies such as the McKinsey Global Institute, PwC, and the Economist Intelligence Unit.



SOURCE STELIOS KAVADIAS, KOSTAS LADAS, AND CHRISTOPH LOCH
FROM "THE TRANSFORMATIVE BUSINESS MODEL," OCTOBER 2016

© HBR.ORG

Εικόνα 7: Σύνδεση τεχνολογικών τάσεων και αγοραστικών αναγκών

Κεφάλαιο 5: Νέφος Παραγωγής (Cloud Manufacturing)

5.1: Εισαγωγή

Τα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής έχουν εξελιχθεί πολύ με το πέρασμα των χρόνων, καθοδηγούμενα από τις κοινωνικές τάσεις, την εξέλιξη των τεχνολογιών ICT (Information and Communication Technologies), και νέες θεωρίες και μοντέλα συνεχώς μελετώνται και αναπτύσσονται (Wu κα., 2015). Οι διαδικασίες παραγωγής του μέλλοντος απαιτούν χαρακτηριστικά ευελιξίας και δυναμικότητας προκειμένου να ανταποκρίνονται στις όλο και αυξανόμενες και συνεχώς μεταβαλλόμενες ανάγκες και απαιτήσεις των πελατών. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι εταιρίες κυρίως του βιομηχανικού κλάδου αποτελούν μέρος μεγάλων δικτύων, όπου απαιτείται άψογη συνεργασία και επικοινωνία μεταξύ των συνεργαζόμενων μελών. Οι εταιρίες που εμπλέκονται σε τέτοια δίκτυα πρέπει να είναι σε θέση να διαχειρίζονται ένα μεγάλο αριθμό πληροφοριών και διαδικασιών, σε διαφορετικά κομμάτια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ένας αποτελεσματικός τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι η υιοθέτηση κάποιων σημαντικών και χρήσιμων αρχών από τον κλάδο του Υπολογιστικού Νέφους (Cloud Computing) και εφαρμογή τους στον τομέα της παραγωγής. Στη βιβλιογραφία η σύζευξη αυτή αναφέρεται με τον όρο Νέφος Παραγωγής (Cloud Manufacturing) και είναι ένα σχέδιο που μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερο πελατοκεντρικές διαδικασίες παραγωγής (Yao κα., 2015).

Time	Systems	Configuration	Characteristics
1900s	Assembly line	Centralized	Reduced labor costs; Increased production rate;
1960s	Toyota production systems	Centralized	Reduced waste of over production; Reduced waiting time; Reduced defective products; Continuous improvement;
1980s	Flexible manufacturing systems	Centralized	Reduced inventories; Improved productivity; Increased system reliability; Increased variety of parts; Improved machine utilization; Improved response to engineering changes;
1990s	Reconfigurable manufacturing systems	Centralized	Increased responsiveness to market changes; Reduced time required for product changeover; Reduced lead time for launching new manufacturing systems; Rapid integration of new technology;
2000s	Web-based and agent-based manufacturing systems	Distributed	Improved information sharing; Improved resource reuse; Improved computational performance; Remote monitoring and control;
Beyond 2010s	Cloud-based manufacturing systems	Distributed	Rapid capacity scalability; Reduced time-to-market; Reduced costs; Ubiquitous computing environment; Pooled manufacturing resources; Improved information sharing; Improved resource reuse; Improved machine utilization;

Πίνακας 2: Διαχρονική εξέλιξη συστημάτων παραγωγής

Ένα τυπικό σύστημα νέφους παραγωγής (Wu κα., 2013) απαιτεί την σύνδεση τριών στοιχείων: των χρηστών-πελατών, των παρόχων των εφαρμογών cloud και των παρόχων των φυσικών πόρων (Βασιλάς, 2015).

1. Χρήστες (Users)

Πρόκειται για τους πελάτες του συστήματος, δηλαδή για όλα τα άτομα ή τις ομάδες που επιθυμούν να κατασκευάσουν κάτι, αλλά δεν έχουν τις ικανότητες ή την πρόσβαση στους απαραίτητους πόρους. Είναι αυτοί που παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες και καθορίζουν τις απαιτήσεις για τα προϊόντα που θα παραχθούν από το σύστημα.

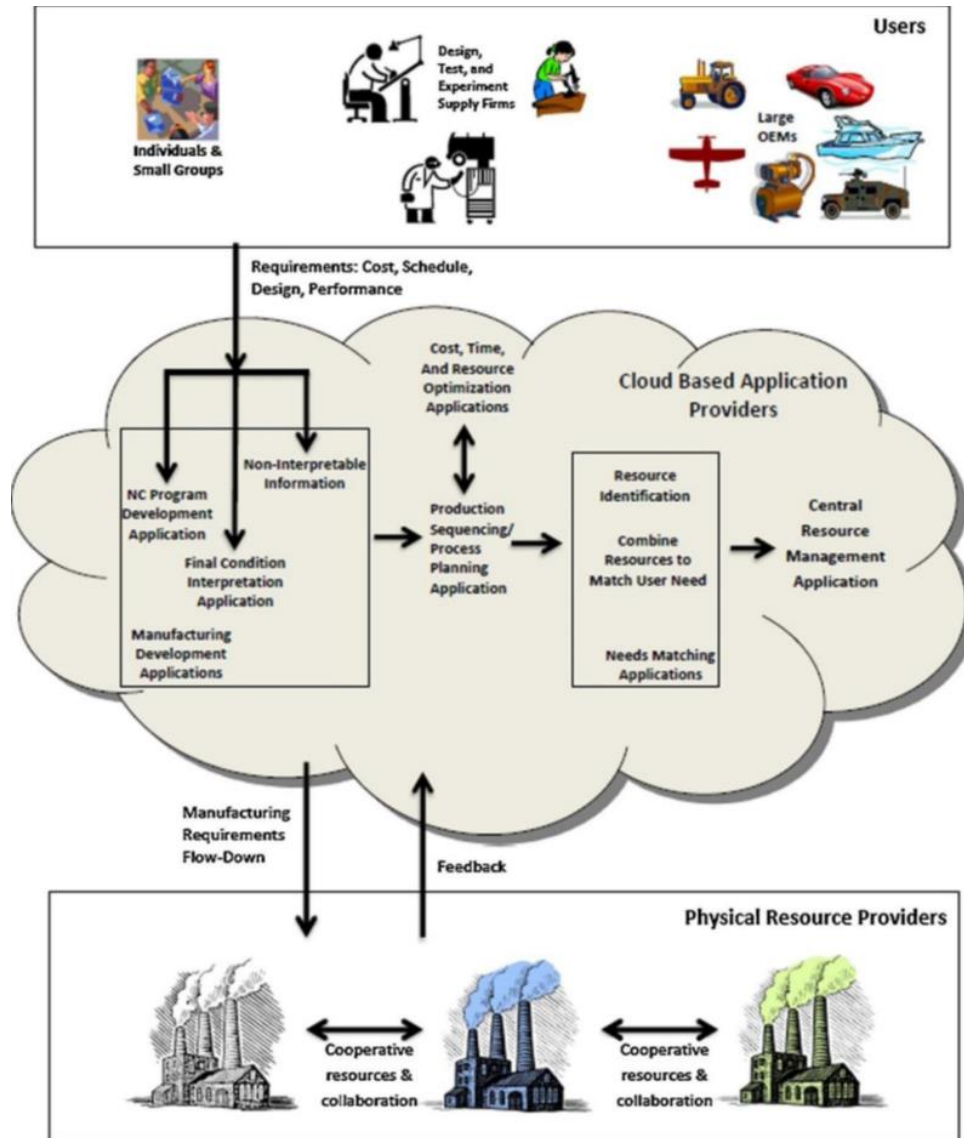
2. Πάροχοι εφαρμογών (Application Providers)

Αφορά το σύστημα των υπηρεσιών που είναι υπεύθυνο για την διαχείριση των δραστηριοτήτων σε ένα περιβάλλον νέφους παραγωγής. Σε αυτό το επίπεδο γίνεται η καταγραφή των απαιτήσεων των χρηστών και η μετατροπή τους στα κατάλληλα δεδομένα προκειμένου να προχωρήσει η παραγωγή των εκάστοτε προϊόντων. Περιλαμβάνει τον βέλτιστο σχεδιασμό για την παραγωγή, την ανεύρεση των κατάλληλων πόρων και τον συντονισμό τους για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος.

3. Πάροχοι φυσικών πόρων (Physical Resource Providers)

Οι πάροχοι των φυσικών πόρων είναι αυτοί που κατέχουν τον εξοπλισμό για την παραγωγή, καθώς και την απαραίτητη τεχνογνωσία και εμπειρία να χρησιμοποιούν τον εξοπλισμό αυτό αποτελεσματικά και αποδοτικά. Οι πάροχοι των φυσικών πόρων αποτελούν ένα δίκτυο, καλύπτοντας έτσι ένα μεγάλο εύρος ειδικοτήτων και ικανοτήτων, προσφέροντας στους πελάτες του συστήματος άμεση πρόσβαση στους

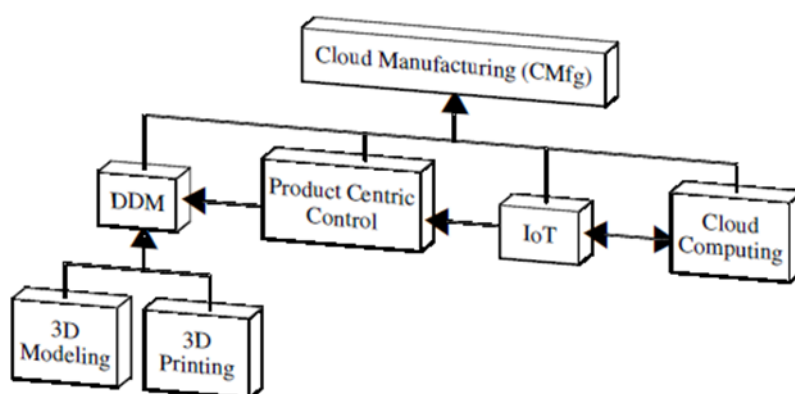
πόρους που απαιτούνται, μέσω του νέφους. Οι λεπτομέρειες για την παραγωγή μεταβιβάζονται από το σύστημα στους φυσικούς παρόχους, οι οποίοι με τη σειρά τους αναλαμβάνουν την υλοποίηση του τελικού προϊόντος, σε συμφωνία με τις προδιαγραφές που έχει υποδείξει ο τελικός χρήστης.



Εικόνα 8: Δομή συστήματος νέφους παραγωγής

Την ώρα που πολλές επιχειρήσεις επιδιώκουν την εφαρμογή του μοντέλου του Cloud Manufacturing προκειμένου να αλλάξουν δραστικά τις πρακτικές που ακολουθούν, στην πράξη αποδεικνύεται ότι αυτή η μετάβαση δεν είναι εύκολη. Υπάρχουν τόσο

οργανωτικά και σχεδιαστικά ζητήματα, όσο και θέματα υποδομών που πρέπει να επιλυθούν. Αυτό διαπιστώνεται από το γεγονός ότι το μοντέλο του Νέφους Παραγωγής δεν αποτελείται μόνο από τις τεχνολογίες του Υπολογιστικού Νέφους, αλλά και από συγγενείς έννοιες και τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things), αλλά και τεχνολογίες ψηφιακής παραγωγής όπως η 3D μοντελοποίηση και η 3D εκτύπωση. Επομένως η επιτυχία της εφαρμογής ενός συστήματος νέφους παραγωγής εξαρτάται άμεσα από το βαθμό αφομοίωσης και χρήσης των παραπάνω τεχνολογιών (Kubler κα., 2016).

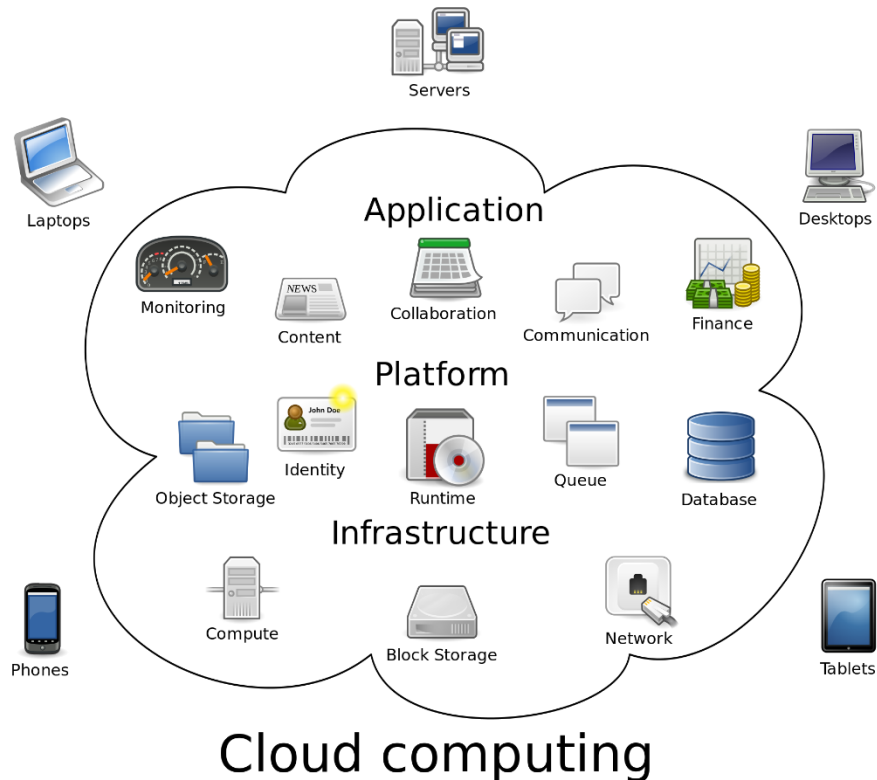


Εικόνα 9: Τεχνολογίες συστήματος νέφους παραγωγής

5.2: Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing)

Το Υπολογιστικό Νέφος, ευρέως γνωστό ως Cloud Computing, είναι ένας τύπος υπολογιστικού συστήματος, βασιζόμενο στις τεχνολογίες του διαδικτύου, που παρέχει πρόσβαση σε κοινόχρηστες πηγές και πληροφορίες. Είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει την ανά πάσα στιγμή πρόσβαση σε μια κοινόχρηστη βάση υπολογιστικών πόρων (υπολογιστικά δίκτυα, servers, βάσεις δεδομένων, εφαρμογές, υπηρεσίες κλπ.). Το Υπολογιστικό Νέφος επιτρέπει στους χρήστες και τις επιχειρήσεις να αποθηκεύουν και να επεξεργάζονται δεδομένα και πληροφορίες, προσφέροντας τους απομακρυσμένη

πρόσβαση σε αυτά. Το Υπολογιστικό Νέφος βασίζεται στο διαμοιρασμό των πόρων προκειμένου να επιτευχθεί συνοχή και οικονομία κλίμακας (Παναγιώτου, 2014).



Εικόνα 10: Δομή του υπολογιστικού νέφους

Το National Institute of Standards and Technology έχει αναγνωρίσει τα εξής χαρακτηριστικά (Wikipedia, 2017) σχετικά με το Υπολογιστικό Νέφος:

- Αυτοεξυπηρέτηση κατά απαίτηση (On-demand self-service).

Ο καταναλωτής μπορεί να κάνει χρήση των υπολογιστικών πόρων που χρειάζεται (όπως ο χρόνος που θα χρησιμοποιήσει στον server και το μέγεθος του αποθηκευτικού χώρου που θα χρησιμοποιήσει μέσω δικτύου αυτόματα) χωρίς ανθρώπινη διαμεσολάβηση με τον πάροχο της εκάστοτε υπηρεσίας.

- Ευρεία δικτυακή πρόσβαση (Broad network access).

Οι δυνατότητες αυτές είναι διαθέσιμες δια μέσω δικτύου και η πρόσβαση μπορεί να γίνει δια μέσω μηχανισμών και ετερόκλητων πλατφόρμων χρηστών (π.χ. Κινητά τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές, PDA).

- Κοινή διάθεση των πόρων (Resource pooling).

Οι υπολογιστικοί πόροι του παρόχου χρησιμοποιούνται για να εξυπηρετήσουν πολλαπλούς καταναλωτές με τη χρήση του μοντέλου πολλαπλών μισθωτών (multi-tenant), με τους διάφορους φυσικούς και εικονικούς πόρους να ανατίθενται δυναμικά και εκ νέου ανάλογα με τη ζήτηση των καταναλωτών. Ο καταναλωτής γενικά δεν έχει κανένα έλεγχο και γνώση για την ακριβή τοποθέτηση του παρεχόμενου πόρου, αλλά μπορεί να δύναται να προσδιορίσει σε ένα πιο αφηρημένο επίπεδο την τοποθεσία όπως η χώρα η πόλη ή το συγκεκριμένο data center. Παραδείγματα τέτοιων πόρων είναι αποθηκευτικός χώρος, επεξεργασία, μνήμη, εύρος ζώνης δικτύου, και εικονικές μηχανές.

- Ταχεία ελαστικότητα (Rapid elasticity).

Αυτοί οι πόροι μπορούν να δεσμευτούν άμεσα, ελαστικά και πολλές φορές αυτόματα, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν άμεσα την ένδειξη ως μη διαθέσιμοι και γρήγορα να αποδεσμευτούν και να εμφανιστούν και πάλι ως διαθέσιμοι. Στον καταναλωτή – τελικό χρήστη οι δυνατότητες αυτές που είναι διαθέσιμες να παρακολουθήσει συχνά μοιάζουν να είναι άπειρες και μπορούν να αγοραστούν – αποκτηθούν σε οποιαδήποτε ποσότητα, οποιαδήποτε στιγμή.

- Μετρήσιμα επίπεδα παροχής υπηρεσιών (Measured Service).

Τα συστήματα του νέφους ελέγχουν και βελτιστοποιούν αυτόματα τη χρήση των υπολογιστικών πόρων, χρησιμοποιώντας μετρητικά συστήματα σε κάποιο από τα επίπεδα αφαίρεσης που εισάγουν, το οποίο και είναι κατάλληλο για την συγκεκριμένη

παρεχόμενη υπηρεσία (αποθηκευτικού χώρου, υπολογιστικής ισχύος, εύρους ζώνης, ενεργού αριθμού χρηστών κλπ.). Η χρήση των πόρων μπορεί να παρακολουθηθεί, ελεγχθεί και να αναφερθεί ότι παρέχει διαφάνεια και για τις δύο πλευρές, τελικού χρήστη –καταναλωτή και παρόχου της χρησιμοποιούμενης υπηρεσίας.

Σήμερα, ολοένα και περισσότερες επιχειρήσεις παγκοσμίως καταφεύγουν στη λύση του υπολογιστικού νέφους προκειμένου να καλύψουν με επάρκεια, ταχύτητα και μικρό κόστος τις ανάγκες τους (Ηλιοπούλου, 2014). Αυτή η τάση που παρατηρείται διεθνώς έχει ως συνέπεια το σταδιακό μετασχηματισμό των πληροφοριακών συστημάτων σε πολύπλοκα «οικοσυστήματα», τα οποία συμπεριλαμβάνουν πλήθος πολυεπίπεδων υπηρεσιών. Γίνεται, επομένως, προφανές ότι οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί στο άμεσο μέλλον θα εξαρτώνται όλο και περισσότερο από τέτοιου είδους υπηρεσίες. Το υπολογιστικό νέφος αναμφισβήτητα προδιαγράφει ένα λαμπρό μέλλον, καθώς η ευελιξία που προσφέρει στις επιχειρήσεις ανοίγει νέους ορίζοντες τόσο στο χώρο της διασυνδεδεμένης τεχνολογίας όσο και στην ανθρώπινη αλληλεπίδραση και συνεργασία. Για αυτό το λόγο ίσως δεν αποτελεί υπερβολή το γεγονός πως αρκετοί επισημαίνουν ότι το νέφος ως επιχειρηματικό μοντέλο λόγω της προσαρμοστικότητας που είναι εφικτή για τους δημιουργούς-προγραμματιστές αλλά και τις ίδιες τις επιχειρήσεις πρόκειται να παρουσιάσει μεγαλύτερη έκρηξη ακόμη και από το ίδιο το διαδίκτυο, όπως αυτό εμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Ιδιαίτερα στην εποχή μας, όπου τα tablets και τα smartphones διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο, εμφανίζονται συνεχώς νέες καινοτόμες ιδέες που έρχονται να λύσουν παλαιότερα προβλήματα με τη συμβολή ραγδαίων τεχνολογικών εξελίξεων στον χώρο του υπολογιστικού νέφους. Δεν είναι, άλλωστε, λίγοι εκείνοι που σημειώνουν ότι, καθώς το νέφος είναι ένα ευμετάβλητο και

διαρκώς εξελίξιμο «οικοσύστημα» ανάπτυξης υπηρεσιών, αναδεικνύει καινούριες προκλήσεις και δημιουργεί νέες ευκαιρίες και προοπτικές.

5.3: Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things)

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) περιγράφει ένα σύστημα διασυνδεδεμένων υπολογιστικών συσκευών, μηχανημάτων, αντικειμένων και ανθρώπων, εξοπλισμένα με μοναδικό για το κάθε στοιχείο αναγνωριστικό, το οποίο μπορεί να μεταφέρει πληροφορίες στα πλαίσια ενός δικτύου, χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα (Wikipedia, 2017). Οι τεχνολογίες που βασίζονται στο Internet of Things έχουν τις προοπτικές να βελτιώσουν σταδιακά την εποπτεία και την διαχείριση των συστημάτων παραγωγής, μετατοπίζοντας τον έλεγχο από το επίπεδο του συνόλου στο επίπεδο της μονάδας.



Εικόνα 11: Η «κοινωνία» του Internet of Things

Το 2013 ο οργανισμός Global Standards Initiative on Internet of Things (IoT-GSI) όρισε το Internet of Things ως «τη δομή της κοινωνίας της πληροφορίας». Το Internet of Things επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο αντικειμένων σε ένα δίκτυο, δίνοντας τη δυνατότητα για άμεση ενοποίηση του φυσικού κόσμου σε υπολογιστικά συστήματα, βελτιώνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια.

Η εφαρμογή της τεχνολογίας του Internet of Things είναι ένα κρίσιμο στοιχείο για την επίτευξη αυτού που ονομάζουμε «έξυπνη παραγωγή». Παρόλο που πολλές επιχειρήσεις εφαρμόζουν συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου με τη χρήση αισθητήρων, εντούτοις παρατηρείται ότι πολλά συστήματα διοίκησης είναι αποκομμένα από πληροφοριακά συστήματα. Αυτές οι δομές διαφέρουν κατά πολύ από τα ανοιχτά, διασυνδεδεμένα συστήματα που είναι σύμφωνα με τις βασικές αρχές της τεχνολογίας Internet of Things.

Όσον αφορά τον όρο «έξυπνη παραγωγή», αυτή έγκειται στην δημιουργία ενός περιβάλλοντος όπου όλη η διαθέσιμη πληροφορία, σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας, καταγράφεται σε πραγματικό χρόνο και αποτυπώνεται με τον κατάλληλο τρόπο. Η έξυπνη παραγωγή ενσωματώνει όλες τις λειτουργίες της επιχείρησης, επιτρέποντας τον έλεγχο ανά πάσα στιγμή σχετικά με διαδικασίες, διαθεσιμότητα πόρων, οικονομικά στοιχεία, παραγωγή, διαχείριση ζήτησης κλπ. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται πλήρης έλεγχος και βελτιστοποίηση των διαδικασιών.

Στην ουσία, η έξυπνη παραγωγή είναι ένα δυναμικό περιβάλλον λήψης αποφάσεων. Για αυτό το λόγο περιλαμβάνει δυνατότητες πρόληψης και αυτόνομης δράσης, καθιστώντας την ένα ευφύες σύστημα. Με την υιοθέτηση ενός μοντέλου έξυπνης παραγωγής, οι επιχειρήσεις είναι σε θέση να εκπληρώσουν τους στόχους τους με «έξυπνες» και αυτοματοποιημένες ενέργειες, βασιζόμενα σε προηγούμενες εμπειρίες

και παραδείγματα από τον φυσικό κόσμο. Η έξυπνη παραγωγή μετατρέπει τις επιχειρήσεις σε αυτόνομους οργανισμούς που είναι σε θέση να προβλέπουν και να διορθώνουν τα δυνητικά θέματα, να βελτιώνουν τις διαδικασίες και να ευχαριστούν τους πελάτες τους (O' Maranh και Manenti, 2015).



Εικόνα 12: Η δομή του Industrial Internet of Things

Πολύ συχνά για τις κατασκευαστικές επιχειρήσεις χρησιμοποιείται ο όρος Industrial Internet of Things (IIoT), αναφορικά με το βιομηχανικό κομμάτι του Internet of Things. Το Industrial Internet of Things έχει τη δυναμική να ενισχύσει τον βιομηχανικό κλάδο σε τέτοιο βαθμό ώστε να οδηγηθούμε στην τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, αυτό που πολλοί αποκαλούν Industry 4.0.

Το όραμα για την 4η βιομηχανική επανάσταση σχετίζεται με την καθιέρωση των λεγόμενων κυβερνοφυσικών συστημάτων (cyber-physical systems), όπου κάθε

στοιχείο αναπαρίσταται και ψηφιακά, με στόχο να υποστηρίξουν ευέλικτα και διαδικτυωμένα περιβάλλοντα παραγωγής. Ευφυή πλέον συστήματα θα μπορούν να επικοινωνούν και να συνεργάζονται μεταξύ τους, χάρη στο Internet of Things, φέρνοντας τα συστήματα ελέγχου στο κατώτερο επίπεδο, αυτό της παραγωγής, μέσω της επικοινωνίας μηχανής με μηχανή (International Electrotechnical Commission, 2015).

Το Industry 4.0 δεν περιορίζεται απλά στην αυτοματοποίηση στις εγκαταστάσεις παραγωγής, αλλά αφορά και την ενοποίηση όλων των κύριων λειτουργιών, από την παραγωγή, την προμήθεια πρώτων υλών, την αλυσίδα εφοδιασμού και την αποθήκευση, φτάνοντας μέχρι το σημείο της πώλησης του τελικού προϊόντος. Το Industry 4.0 και οι τεχνολογίες που το υποστηρίζουν όχι μόνο θα αυτοματοποιήσουν και θα βελτιώσουν τις υπάρχουσες επιχειρησιακές διαδικασίες, αλλά θα αναδείξουν νέες ευκαιρίες και θα αλλάξουν ριζικά τον τρόπο που οι εταιρίες αλληλεπιδρούν με τους πελάτες, τους προμηθευτές, τους εργαζόμενους, τους συνεργάτες και τους διάφορους φορείς. Αυτή η ενοποίηση που περιγράψαμε θα επιτρέψει μεγαλύτερη επιχειρησιακή αποδοτικότητα και βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων θα αλλάξει σταδιακά τον τρόπο με τον οποίο τα προϊόντα, παράγονται, αποθηκεύονται, μεταφέρονται και πωλούνται. Ήδη εταιρίες ηγέτες στην παγκόσμια βιομηχανία, όπως η Bosch, η Cisco, η FCA (Fiat Chrysler Automobiles), η GE, η Siemens και πολλές άλλες ακόμη, έχουν υιοθετήσει τεχνολογίες έξυπνης παραγωγής στις εγκαταστάσεις τους, δουλεύοντας συνεχώς ώστε να βελτιώσουν και να εξελίξουν τα προϊόντα και τις υπηρεσίες τους. Απαιτείται μια τελείως νέα προσέγγιση όσον αφορά την παραγωγική διαδικασία, καθώς και κατάλληλες υποδομές και συστήματα για να την υποστηρίξουν. Χάρη στο Internet of

Things, οι επιχειρήσεις θα γίνουν περισσότερο αποδοτικές, βελτιώνοντας το εργασιακό περιβάλλον και αναδεικνύοντας νέα επιχειρησιακά μοντέλα.

Κεφάλαιο 6: Προσθετική κατασκευή

6.1: Εισαγωγή

Η προσθετική κατασκευή ή τριδιάστατη εκτύπωση είναι ένα σύνολο τεχνολογιών για την κατασκευή φυσικών αντικειμένων μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης επάλληλων στρώσεων υλικού, κατευθείαν από δεδομένα αρχείων ψηφιακού σχεδιασμού.

Η προσθετική κατασκευή βασίζεται σε ένα περίπλοκο συνδυασμό διαφορετικών τεχνολογιών. Ο Zhao (2014) ξεχώρισε πέντε βασικά τεχνολογικά πεδία που εμπλέκονται σε τεχνολογίες 3D εκτύπωσης:

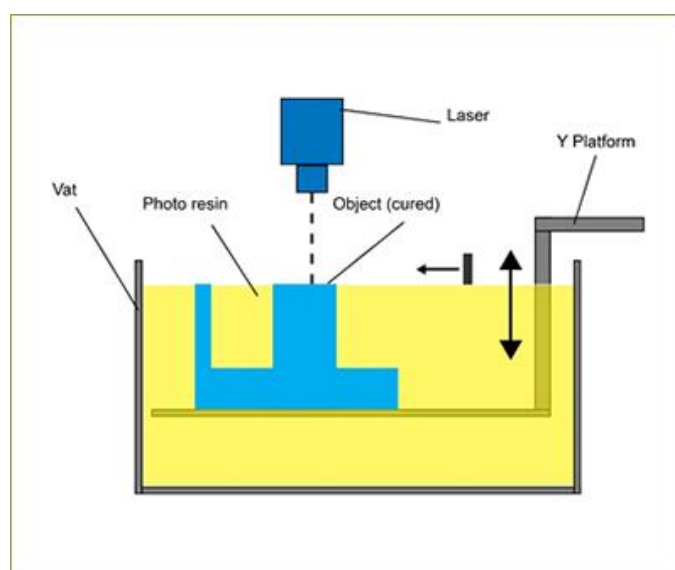
- Επιστήμη των υλικών
- Εφαρμοσμένη φυσική
- Μηχανική/ηλεκτρολογία/ηλεκτρονική
- Οπτική
- Νανοτεχνολογία

6.2: Τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής

Παρόλο που πολύ συχνά χρησιμοποιείται ο όρος τριδιάστατη εκτύπωση για να περιγράψουμε όλες τις μεθόδους προσθετικής κατασκευής, στην πραγματικότητα υπάρχουν πολλές διαφορετικές διαδικασίες που διαφέρουν ως προς την μέθοδο παραγωγής, ανάλογα και με το υλικό και την τεχνολογία που χρησιμοποιούν. Το 2010 ο οργανισμός American Society for Testing and Materials (ASTM) διατύπωσε ένα σύνολο προτύπων, κατατάσσοντας το εύρος των τεχνολογιών προσθετικής κατασκευής σε επτά κατηγορίες (Loughborough University, 2017).

6.2.1: Φωτοπολυμερισμός σε κάδο (VAT Photopolymerization)

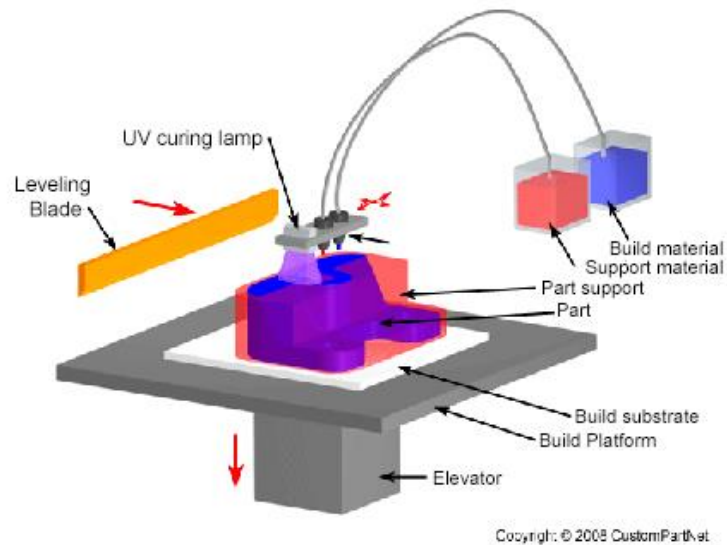
Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιεί μια δεξαμενή υγρής φωτοπολυμερούς ρητίνης, από την οποία το μοντέλο δομείται ανά στρώμα. Μια υπεριώδης ακτινοβολία χρησιμοποιείται για την σκλήρυνση της ρητίνης στα σημεία που χρειάζεται, την ίδια στιγμή που μια πλατφόρμα μετακινεί το αντικείμενο προς τα κάτω μετά την επίστρωση κάθε στρώματος.



Εικόνα 13: Η τεχνολογία φωτοπολυμερισμού σε κάδο

6.2.2: Εναπόθεση υλικού (Material Jetting)

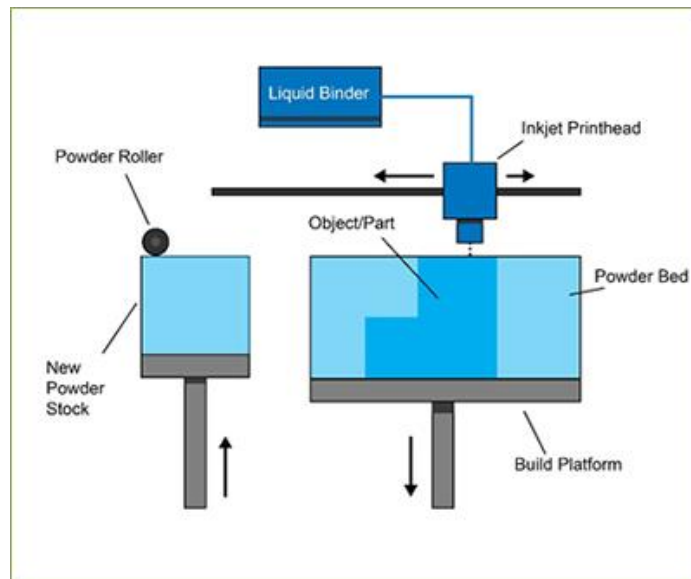
Η τεχνολογία αυτή δημιουργεί αντικείμενα με τρόπο παρόμοιο με έναν διδιάστατο εκτυπωτή ink jet. Το υλικό εκχύνεται από ένα κινούμενο στόμιο πάνω σε μια πλατφόρμα, όπου στερεοποιείται με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας, και το μοντέλο χτίζεται ανά στρώμα. Τα μηχανήματα της μεθόδου αυτής διαφέρουν ως προς την πολυπλοκότητα τους και τον τρόπο διάθεσης του υλικού για την κατασκευή. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι περιορισμένα σε αριθμό, καθώς τα πολυμερή και το κερί είναι τα καταλληλότερα λόγω του ότι είναι παχύρρευστα και επιτρέπουν τη δημιουργία σταγόνων για τη λειτουργία της συγκεκριμένης μεθόδου.



Εικόνα 14: Η τεχνολογία εναπόθεσης υλικού

6.2.3: Εναπόθεση συγκολλητικής ουσίας (Binder Jetting)

Η τεχνολογία εναπόθεσης συγκολλητικής ουσίας χρησιμοποιεί δύο τύπους υλικών: ένα σε μορφή σκόνης και ένα συνδετικό υλικό. Το δεύτερο χρησιμοποιείται για τη σύνδεση μεταξύ των στρωμάτων από σκόνη που δημιουργούνται. Είναι συνήθως σε υγρή μορφή, ενώ το δομικό υλικό σε μορφή σκόνης. Μια κεφαλή μετακινείται στο επίπεδο της εκτύπωσης και εναποθέτει εναλλάξ στρώσεις των δύο υλικών. Μετά την ολοκλήρωση κάθε στρώσης, το αντικείμενο προς εκτύπωση μετακινείται προς τα κάτω για την συνέχιση της διαδικασίας με τα υπόλοιπα επίπεδα.

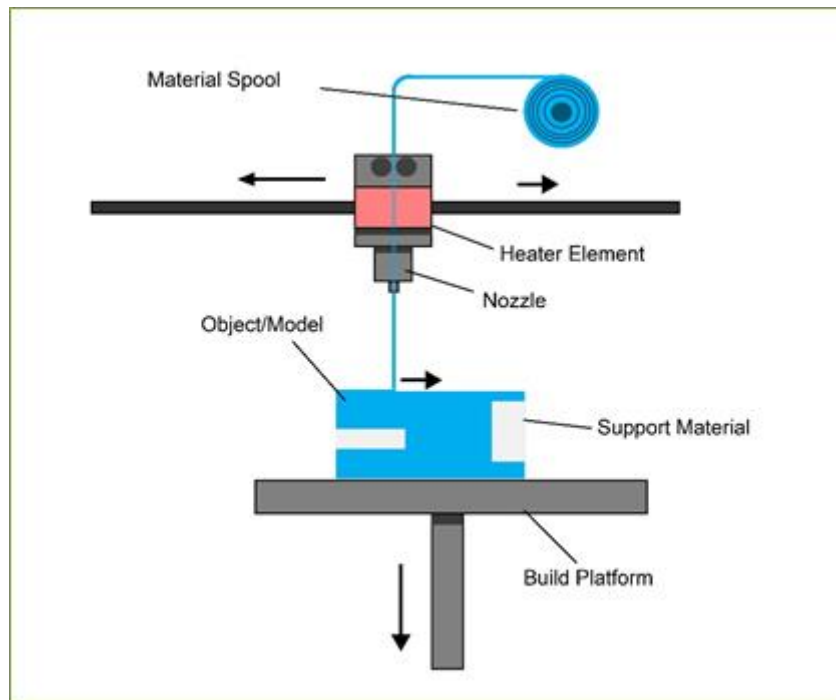


Εικόνα 15: Η τεχνολογία εναπόθεσης συγκολλητικής ουσίας

6.2.4: Εξώθηση υλικού (Material Extrusion)

Η τεχνολογία εναπόθεσης υλικού (Fuse Deposition Modelling) είναι μια συνηθισμένη τεχνολογία εξώθησης υλικού (Material Extrusion). Το υλικό συσσωρεύεται σε ένα στόμιο, όπου θερμαίνεται και στη συνέχεια εναποτίθεται ανά στρώματα. Το στόμιο μπορεί να κινείται οριζόντια, ενώ μια πλατφόρμα κινείται κατακόρυφα μετά την δημιουργία κάθε στρώματος. Αυτή η τεχνολογία είναι ευρέως διαδεδομένη, κυρίως σε χαμηλού κόστους, οικιακής χρήσης τρισδιάστατους εκτυπωτές.

Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει πολλές παραμέτρους που επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού μοντέλου. Η διαφορά της τεχνολογίας εναπόθεσης υλικού είναι ότι, ενώ πρόκειται για ακόμη μια τεχνολογία παραγωγής ανά στρώματα, διαφοροποιείται ως προς το ότι ο υλικό εισέρχεται υπό συνεχή πίεση και με συνεχή τρόπο, δίνοντας μεγαλύτερη ακρίβεια στο τελικό αποτέλεσμα.



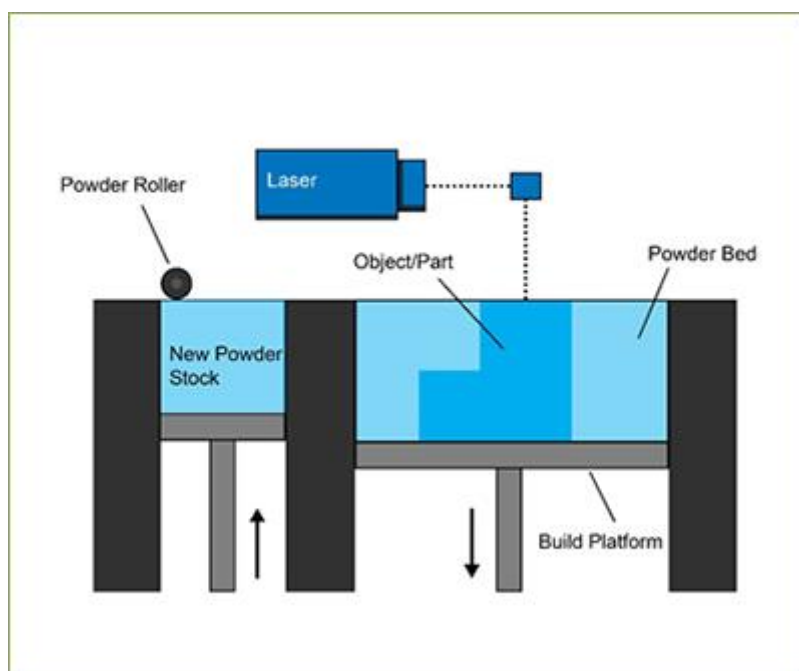
Εικόνα 16: Η τεχνολογία εναπόθεσης – εξώθησης υλικού

6.2.5: Σύντηξη πούδρας σε κλίνη (Powder Bed Fusion)

Η κατηγορία σύντηξης πούδρας σε κλίνη (PBF) περιλαμβάνει τις παρακάτω τεχνολογίες εκτύπωσης: Συσσωμάτωση με laser απευθείας σε μέταλλα (Direct metal laser sintering - DMLS), τήξη με δέσμη ηλεκτρονίων (Electron beam melting - EBM), επιλεκτική συσσωμάτωση με θέρμανση (Selective heat sintering - SHS), επιλεκτική τήξη με laser (Selective laser melting - SLM) , επιλεκτική συσσωμάτωση με laser (Selective laser sintering - SLS).

Οι τεχνολογίες σύντηξης πούδρας χρησιμοποιούν μια ακτίνα ή μια δέσμη ηλεκτρονίων για την τήξη του υλικού, που βρίσκεται σε μορφή σκόνης. Οι διαδικασίες σύντηξης περιλαμβάνουν διαδοχικά περάσματα σκόνης ανά επίπεδα με τη χρήση ενός μηχανισμού με κύλινδρο, ενώ η πλατφόρμα εκτύπωσης κατεβαίνει για τη δημιουργία του επόμενου επιπέδου. Μια δεξαμενή δίπλα από την περιοχή της εκτύπωσης παρέχει το υλικό για το κάθε επίπεδο. Η τεχνολογία DMLS είναι ίδια με την SLS, με τη διαφορά

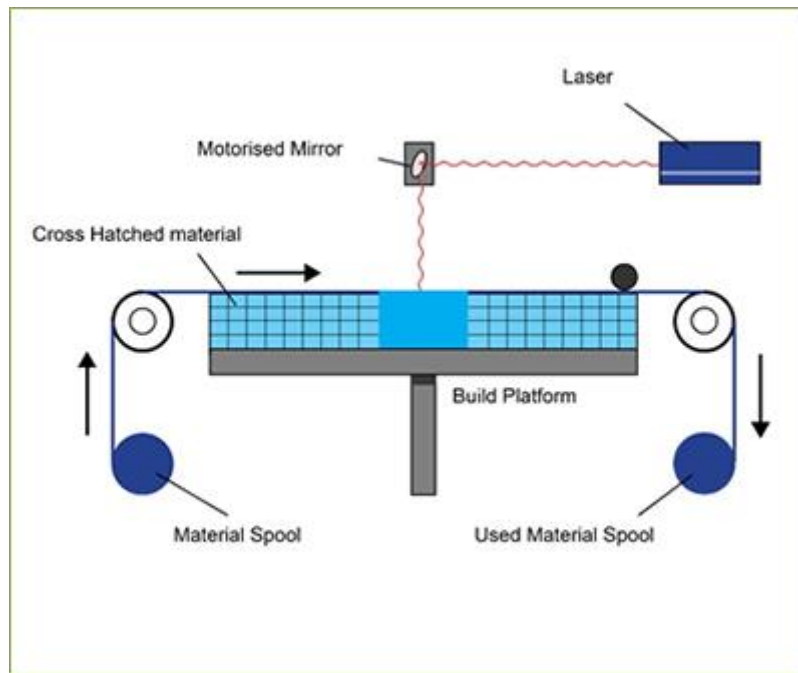
ότι χρησιμοποιείται μέταλλο αντί για πλαστικό. Η τεχνολογία SHS διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες σε ότι έχει να κάνει με τη χρήση μιας θερμικής κεφαλής εκτύπωσης για την τήξη του υλικού.



Εικόνα 17: Η τεχνολογία επιλεκτικής συσσωμάτωσης με λέιζερ

6.2.6: Συγκόλληση φύλλων (Sheet Lamination)

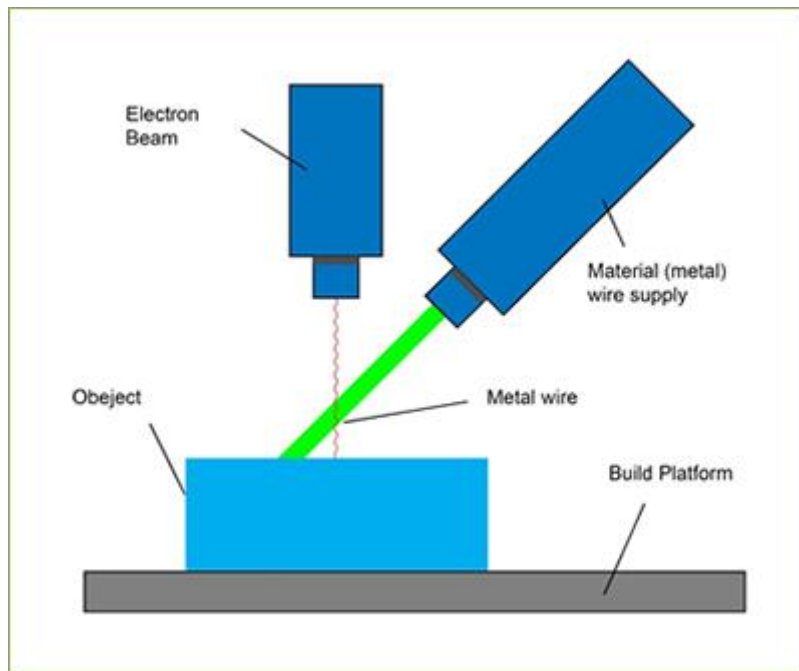
Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν τις τεχνολογίες συγκόλλησης με υπερήχους (Ultrasonic Additive Manufacturing) και συγκόλλησης επάλληλων φύλλων (Laminated Object Manufacturing). Η πρώτη διαδικασία χρησιμοποιεί φύλλα μετάλλου, τα οποία συνδέονται με την μέθοδο συγκόλλησης με υπερήχους. Η δεύτερη τεχνολογία χρησιμοποιεί μια ανάλογη μέθοδο σύνδεσης ανά στρώματα, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιείται χαρτί αντί για μέταλλο και απλή κόλληση. Τα αντικείμενα που παράγονται από αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται κυρίως για αισθητικούς λόγους ή οπτικά μοντέλα και δεν ενδείκνυται για κατασκευαστικές χρήσεις. Η τεχνολογία συγκόλλησης με υπερήχους χρησιμοποιεί μέταλλα όπως το αλουμίνιο, ο χαλκός, ο ανοξείδωτος χάλυβας και το τιτάνιο.



Εικόνα 18: Η τεχνολογία συγκόλλησης φύλλων

6.2.7: Εναπόθεση με κατευθυνόμενη ενεργειακή δέσμη (Directed Energy Deposition)

Πρόκειται για μια αρκετά πολύπλοκη διαδικασία εκτύπωσης, που χρησιμοποιείται κυρίως για την επιδιόρθωση υπάρχοντων αντικειμένων. Μια τυπική μηχανή της τεχνολογίας αυτής αποτελείται από ένα στόμιο, συνδεδεμένο σε ένα βραχίονα, που εναποθέτει λιωμένο το υλικό σε μια συγκεκριμένη περιοχή, όπου στερεοποιείται. Η διαδικασία μοιάζει αρκετά με την μέθοδο εναπόθεσης υλικού, αλλά σε αυτή τη μέθοδο η κίνηση του στομίου δεν περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο και μπορεί να μετακινείται σε πολλαπλές κατευθύνσεις, με χρήση μηχανών τεσσάρων ή πέντε αξόνων. Η διαδικασία μπορεί να δουλέψει με πολυμερή ή κεραμικά υλικά, ωστόσο χρησιμοποιείται κυρίως με μέταλλα, σε μορφή σκόνης ή λεπτού σύρματος.



Εικόνα 19: Η τεχνολογία εναπόθεσης με κατευθυνόμενη ενεργειακή δέσμη

6.3: Εφαρμογή τεχνολογιών 3D εκτύπωσης στη βιομηχανία

Ο όρος Industrial 3D Printing παρουσιάζεται ως μια επαναστατική τεχνολογία που πρόκειται να αλλάξει τις μεθόδους παραγωγής όπως τις γνωρίζουμε, ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε σε μαζική παραγωγή (mass production) και μαζική εξατομίκευση (mass customization). Ο τρόπος, η ταχύτητα και το αποτέλεσμα της υιοθέτησης τεχνολογιών προσθετικής κατασκευής εξαρτάται από τον βιομηχανικό κλάδο και τη στρατηγική της εταιρίας. Σε κάθε περίπτωση η εφαρμογή τεχνολογιών 3D εκτύπωσης στη βιομηχανία αποτελεί μια μελλοντική πρόκληση για την επίτευξη πιο ευέλικτων συστημάτων παραγωγής, τα οποία θα βασίζονται σε τεχνολογίες του διαδικτύου και τεχνολογίες IT.

Με ορίζοντα το μέλλον της παραγωγής, το βασικό ερώτημα είναι κατά πόσο οι τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής θα μπορέσουν να αντικαταστήσουν τις κλασσικές γραμμές παραγωγής. Σε μια έρευνα του Berger (2013) παρουσιάστηκαν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, σε μια σύγκριση των τεχνολογιών 3D

εκτύπωσης με τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής. Αναφορικά με τα πλεονεκτήματα προέκυψε ότι:

- Η προσθετική κατασκευή επιτρέπει ελευθερία ως προς το σχεδιασμό και η πολυπλοκότητα δεν περιορίζει την παραγωγή.
- Οι διαδικασίες μηχανικών κατεργασιών πρόκειται να εξαλειφθούν, γλυτώνοντας τα σχετικά κόστη και τον ανάλογο χρόνο.
- Δίνεται η δυνατότητα βέλτιστου σχεδιασμού, για χαμηλού βάρους κατασκευές, που θα ήταν ανέφικτος με τις κλασσικές μεθόδους παραγωγής.

Από την άλλη, η μελέτη ανέδειξε και σημαντικά ζητήματα όπως:

- Οι τεχνολογίες έχουν χαμηλότερο ρυθμό παραγωγής σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους.
- Σε περίπλοκες περιπτώσεις απαιτείται σημαντική προσπάθεια στον καθορισμό των παραμέτρων, την προετοιμασία και τον γενικότερο σχεδιασμό.
- Πολλές φορές η διαδικασία παραγωγής δεν ολοκληρώνεται με το πέρας της εκτύπωσης, καθώς είναι πιθανό να απαιτείται πρόσθετη επεξεργασία για ποιότητα επιφάνειας και διαστατική ακρίβεια.
- Υπάρχει συχνά περιορισμός ως προς το μέγεθος που μπορεί να εκτυπωθεί, με βάση τις δυνατότητες του μηχανήματος 3D εκτύπωσης, ενώ δεν επιτυγχάνονται και οικονομίες κλίμακας λόγω της μη συνεχούς παραγωγής.

Αυτό που μπορούμε να βγάλουμε ως συμπέρασμα είναι ότι απαιτείται πολύ λεπτομερής και συστηματική μελέτη για να εξακριβωθεί η αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών 3D εκτύπωσης και σε τι βαθμό θα μεταμορφώσει την παραγωγή. Πολλές μελέτες εστιάζουν σε αυτή τη προοπτική. Μια από αυτές είναι και η έρευνα από την

IBM (2013), σχετικά με τη νέα εφοδιαστική αλυσίδα που θα αναδείξουν οι τεχνολογίες τριδιάστατης εκτύπωσης, και η οποία εστιάζει σε τέσσερις πυλώνες:

1. Οικονομίες κλίμακας

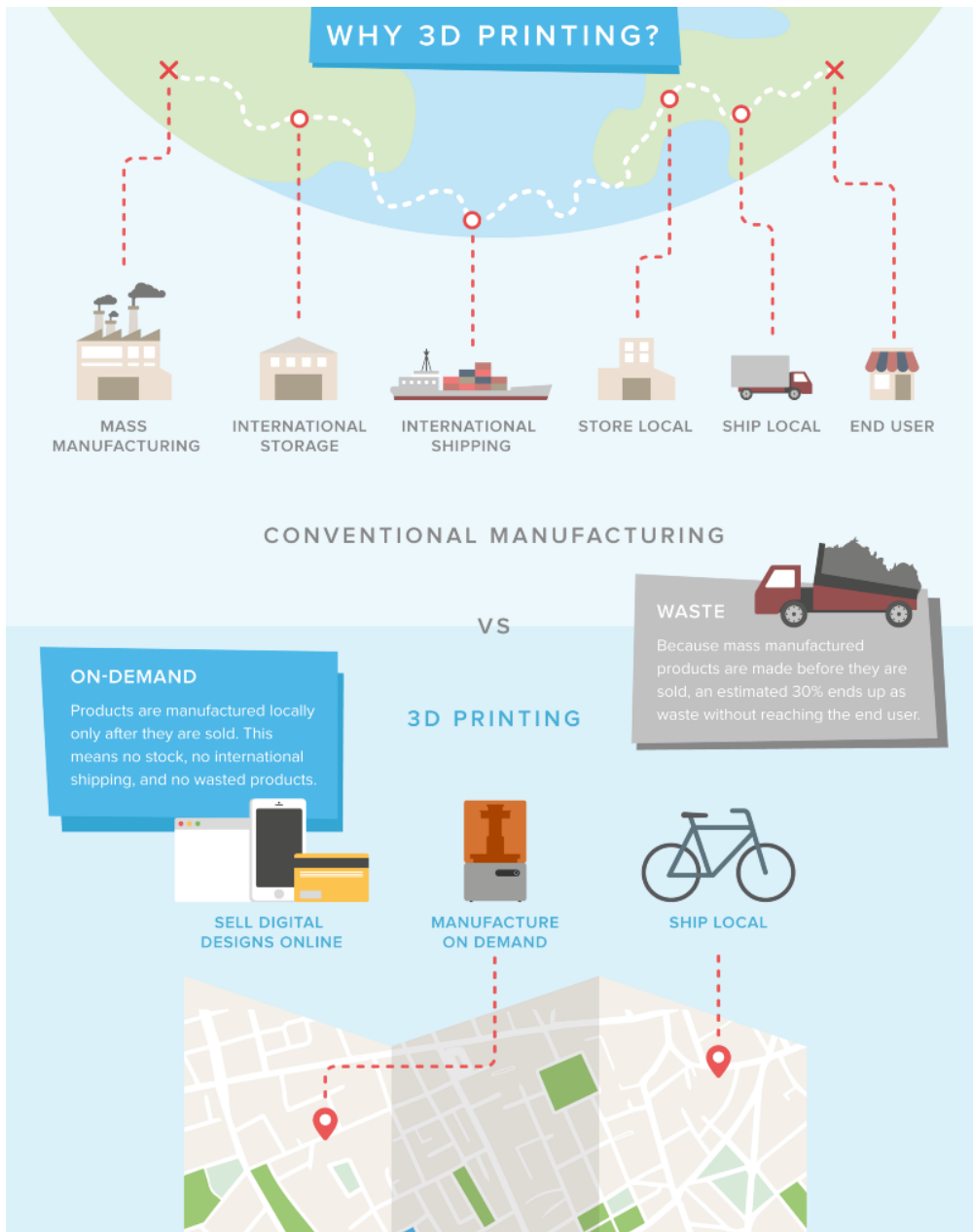
Αυτή τη στιγμή η τεχνολογία 3D εκτύπωσης υστερούν ως προς αυτό το κομμάτι. Παρόλα αυτά η προσθετική κατασκευή είναι ένας κλάδος που συνεχώς εξελίσσεται και βελτιώνεται, προκειμένου να μπορέσει να αντικαταστήσει κάποια στιγμή τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής.

2. Παραγωγή κατά παραγγελία (on demand manufacturing)

Οι τεχνολογίες 3D εκτύπωσης επιτρέπουν σημαντική μείωση του κύκλου ζωής των προϊόντων, ειδικά στο κομμάτι του σχεδιασμού. Επιπλέον, νέα μοντέλα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας θα δημιουργηθούν, μειώνοντας το ρίσκο που προκύπτει από τα κλασσικά μοντέλα διαχείρισης αποθεμάτων.

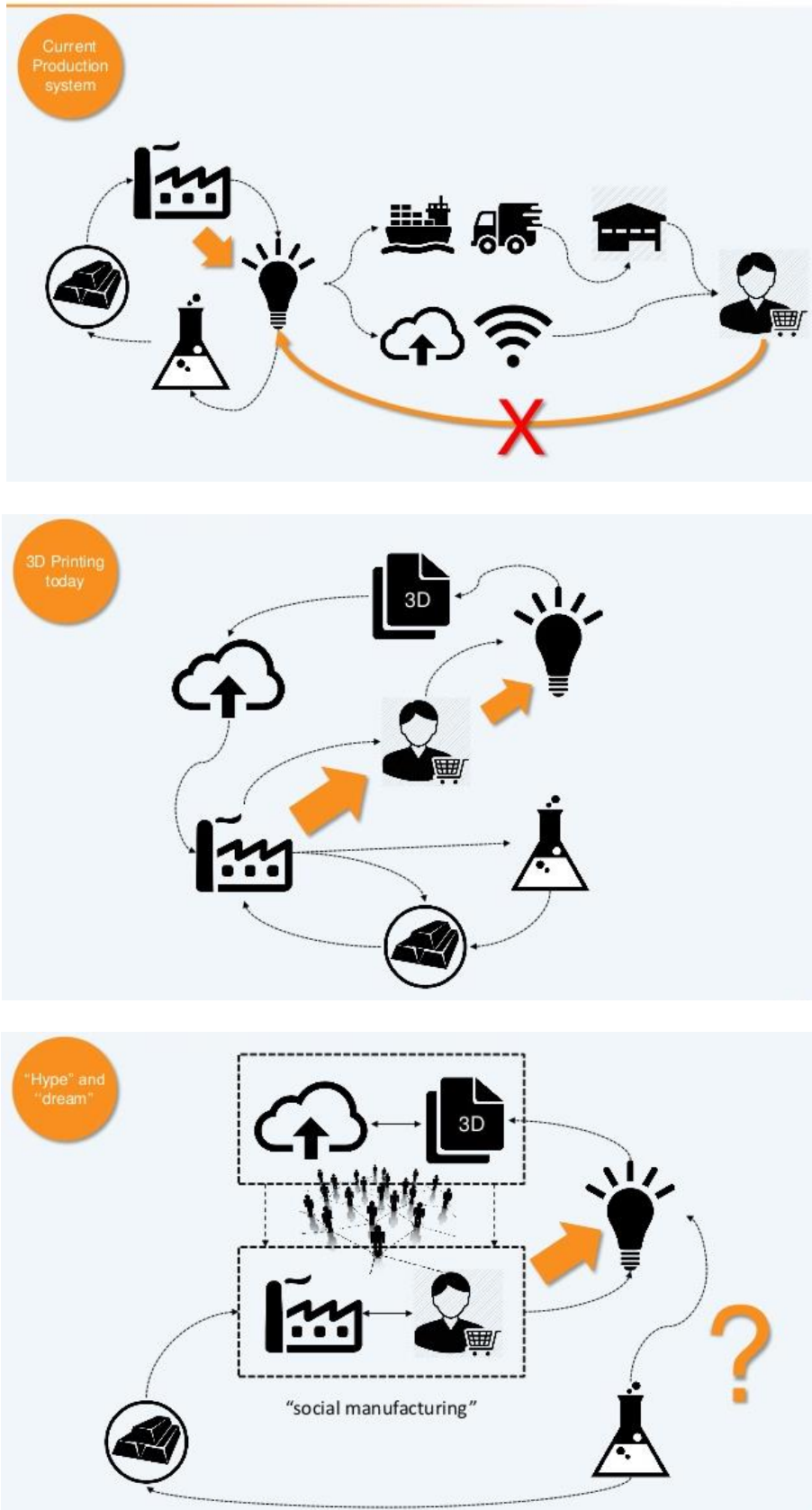
3. Εξατομίκευση

Η 3D εκτύπωση επιτρέπει τη δημιουργία εξατομικευμένων προϊόντων, προσαρμοσμένα στις προσωπικές ανάγκες των χρηστών τους. Πέραν τούτου, νέα μοντέλα πρόκειται να επέλθουν, στα οποία οι πελάτες θα έχουν ενεργό ρόλο στη διαδικασία σχεδιασμού και παραγωγής των προϊόντων.



Εικόνα 20: Τοπική παραγωγή με τριδιάστατη εκτύπωση

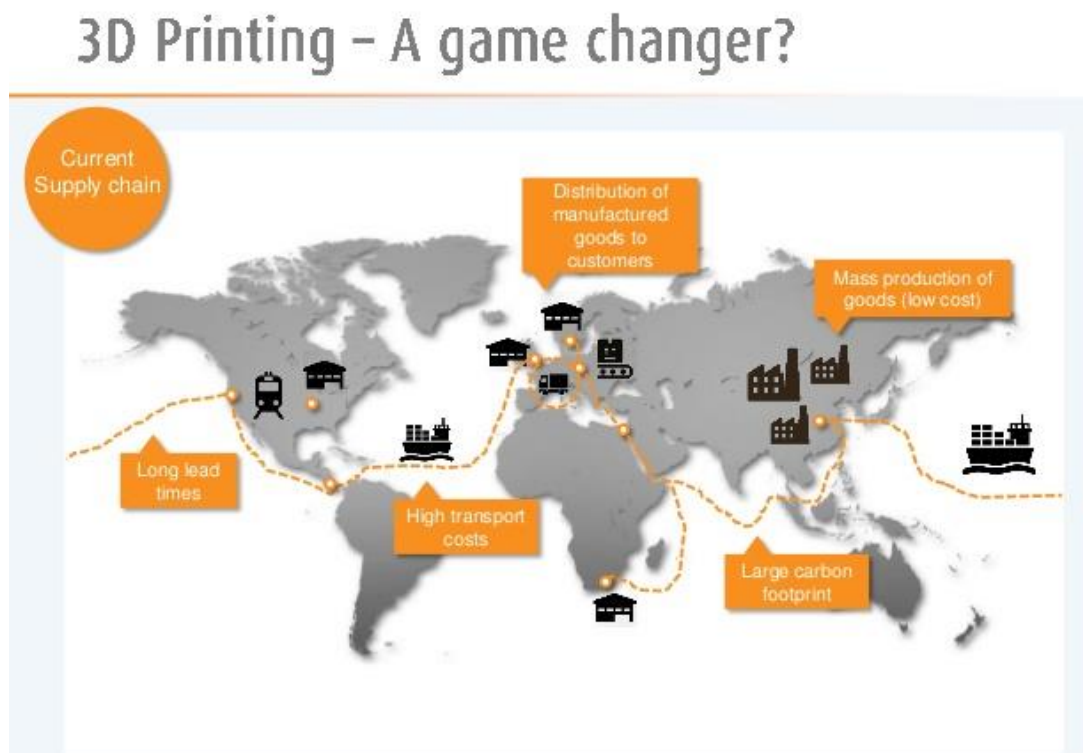
3D Printing – A game changer?



Εικόνα 21: Η πορεία προς το social manufacturing

4. Ευελιξία

Η ανάπτυξη της αλυσίδας εφοδιασμού στη βάση της τριδιάστατης εκτύπωσης θα δημιουργήσει πιο ευέλικτα δίκτυα, φέρνοντας την παραγωγή πιο κοντά στον τελικό καταναλωτή. Η μείωση των μεταφορών έτοιμων προϊόντων θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στα κανάλια διανομής και συνολικότερα στον κλάδο της διακίνησης και διανομής προϊόντων (Δουλαδέλη, 2015).



Εικόνα 22α: Η παρούσα αλυσίδα εφοδιασμού



Εικόνα 22β: Η αλυσίδα εφοδιασμού με βάση την τριδιάστατη εκτύπωση

Έρευνες σαν την παραπάνω πρέπει να αξιολογηθούν κατάλληλα και με προσοχή, καθώς απαιτούνται και άλλοι παράγοντες να εξεταστούν πέρα από την τεχνολογία της τριδιάστατης εκτύπωσης. Σημαντική είναι η διερεύνηση των τεχνολογιών του διαδικτύου, καθώς και τεχνολογιών IT, προκειμένου να έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με τις προοπτικές εξέλιξης των συστημάτων παραγωγής, στη βάση των παραπάνω τεχνολογιών.

6.4: Οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις

Η χρήση τεχνολογιών 3D εκτύπωσης έχει σημαντικές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Αρχικά, δίνει τη δυνατότητα για τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, ενισχύοντας την επιχειρηματικότητα. Την ίδια στιγμή όμως κάποιες θέσεις θα αντικατασταθούν από μηχανήματα και κάποιες άλλες θα επαναπροσδιοριστούν με βάση τις νέες συνθήκες.

Όσον αφορά την παραγωγή, οι τεχνολογίες τριδιάστατης εκτύπωσης έχουν τη δυναμική να γίνουν εξίσου αποδοτικές με τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής, τόσο

σε επίπεδο κόστους όσο και σε επίπεδο χρόνου. Με τη 3D εκτύπωση δίνεται η δυνατότητα στους μηχανικούς να υλοποιούν σχέδια με ευελιξία, χωρίς να απαιτείται επένδυση σε πολλά και ακριβά εργαλεία. Με την προσθετική κατασκευή, δεν χρειάζεται πλέον η χρήση καλουπιών, διευκολύνοντας με αυτό τον τρόπο τον μηχανικό και καθιστώντας οικονομικότερη την όποια αλλαγή στο σχεδιασμό. Αναφορικά με την εξοικονόμηση χρόνου, χαρακτηριστική είναι η άποψη του John Fleming, υπεύθυνου παραγωγής στη Ford, ότι η τεχνολογία της 3D εκτύπωσης θα αλλάξει ριζικά τη βιομηχανία, καθώς πλέον είμαστε σε θέση να έχουμε προϊόντα διαθέσιμα μέσα σε λίγες μέρες, όταν με τις κλασσικές μεθόδους χρειαζόνταν ακόμη και μήνες.

Ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία που πρέπει να αναφέρουμε είναι η δυνατότητα που δίνει η τριδιάστατη εκτύπωση για καταναμημένη παραγωγή σε απομακρυσμένες περιοχές και σε αναπτυσσόμενες χώρες. Είναι μια πραγματικότητα ότι σε χώρες της Αφρικής, της Ασίας και της Νοτίου Αμερικής, ελλείπει στοιχειωδών πολλές φορές υποδομών, επικρατούν δύσκολες συνθήκες όσον αφορά την υγεία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η Ουγκάντα και το Νότιο Σουδάν, όπου παρατηρείται μεγάλος αριθμός περιπτώσεων ακρωτηριασμού, από διαφορετικές αιτίες. Χάρη στην τεχνολογία της τριδιάστατης εκτύπωσης, και ελλείψει εξειδικευμένου ιατρικού προσωπικού για αυτές τις περιπτώσεις, τα διάφορα περιστατικά ασθενών μπορούν να σκανάρονται και να στέλνονται σε γιατρούς σε διάφορα μέρη στον κόσμο, οι οποίοι με τη σειρά τους θα δημιουργούν το ψηφιακό αρχείο του προσθετικού μέλους, στέλνοντας το πίσω για εκτύπωση. Στις χώρες αυτές επομένως, όπου η ανάγκη για ιατρική βοήθεια είναι επείγουσα και συνεχής, η τριδιάστατη εκτύπωση μπορεί να επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις (Ishengoma και Mtaho, 2014).

Άλλες ευκαιρίες που σχετίζονται με τις κοινωνικές επιδράσεις περιλαμβάνουν την ευκολότερη πρόσβαση του κοινού στον σχεδιασμό και την παραγωγή και την

κοινωνική ενσωμάτωση στην παραγωγική διαδικασία. Ωστόσο προκύπτουν και ορισμένοι κίνδυνοι και ανησυχίες, για το κατά πόσο η ελεύθερη πρόσβαση στην τεχνολογία της 3D εκτύπωσης υπερβαίνει ή όχι τα όρια της νομιμότητας (π.χ. παραγωγή όπλων, παραβίαση πνευματικών δικαιωμάτων κ.α.).

Ο Steve Sammartino, επιχειρηματίας και σύμβουλος επιχειρήσεων, εκτιμά ότι η δύναμη της 3D εκτύπωσης έχει φτάσει τόσο ψηλά, όσο εκείνη του διαδικτύου. Μάλιστα, σε ένα άρθρο που δημοσιεύθηκε από το ABC News στην Αυστραλία, ο Sammartino έκανε την πρόβλεψη ότι η 3D εκτύπωση θα έχει ακόμα μεγαλύτερο οικονομικό αντίκτυπο από ό,τι είχε ποτέ το ίδιο το διαδίκτυο (B3D, 2015). Σαφώς και δεν είμαστε ακόμα σε θέση να γνωρίζουμε μέχρι που θα φτάσει η τεχνολογία της 3D εκτύπωσης (Gartner, 2015). Σίγουρα δεν μπορούμε να ξέρουμε τις επιδράσεις που θα έχει στη βιομηχανία αλλά και τον αντίκτυπο που θα έχει στην ίδια την κοινωνία. Δεν υπάρχει όμως καμία αμφιβολία ότι είναι κάτι πολλά υποσχόμενο (Smith, 2015), σε τέτοιο βαθμό που ίσως να αλλάξει τον κόσμο (World Economic Forum, 2015).

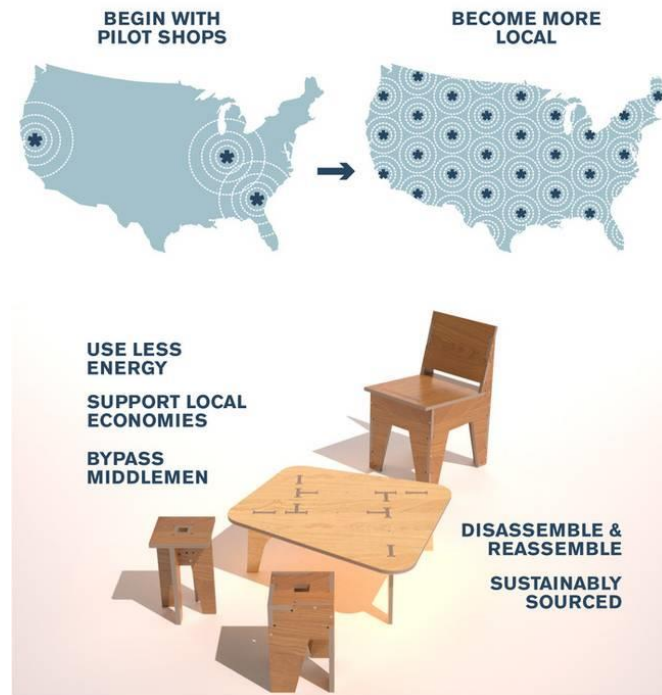
Κεφάλαιο 7: Περιπτώσεις και μοντέλα κατανεμημένης παραγωγής

7.1: Η περίπτωση της AtFAB

Η ιδέα της κατανεμημένης παραγωγής είναι στην ουσία να αντικαταστήσει όσο το δυνατόν περισσότερα υλικά στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας με ψηφιακή πληροφορία. Για την κατασκευή μιας καρέκλας για παράδειγμα, αντί της προμήθειας ξύλου και μεταποίηση του σε ένα κεντρικό εργοστάσιο, ψηφιακά σχέδια των εξαρτημάτων της μπορούν να διανεμηθούν σε τοπικά κατασκευαστικά κέντρα, όπου μπορούν να κοπούν με χρήση εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου (CNC). Ακολούθως τα εξαρτήματα μπορούν να συναρμολογηθούν από τον τοπικό κατασκευαστή ή και από τον ίδιο τον πελάτη, δημιουργώντας το τελικό προϊόν. Μια εταιρία που εφαρμόζει ήδη αυτό το μοντέλο είναι η αμερικάνικη εταιρία παραγωγής επίπλων AtFAB (AtFAB. 2017).

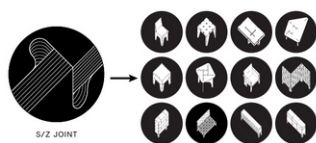
Η AtFAB είναι μια μικρή νεοφυής επιχείρηση σχεδιασμού επίπλων με έδρα το Lexington, Kentucky, η οποία έχει υιοθετήσει ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει στοιχεία συμμετοχικού σχεδιασμού και κατανεμημένης παραγωγής, και αποτελεί ένα δείγμα για το πώς θα αλλάξει η παραγωγή στο κοντινό μέλλον. Με πρωτεργάτες τους αρχιτέκτονες Anne Filson και Gary Rohrbacher, η επιχείρηση ξεκίνησε πριν λίγα χρόνια να φτιάχνει δικά της σχέδια για καρέκλες, τραπέζια, γραφεία, κρεβάτια και άλλα έπιπλα, διαθέτοντας τα δωρεάν σε κατασκευαστές που είχαν τον εξοπλισμό να τα παράγουν. Μέσα από αυτή την εμπειρία, η AtFAB συγκέντρωνε συνεχώς προτάσεις από τους συνεργαζόμενους κατασκευαστές για το πώς θα μπορούσε να βελτιώσει τα σχέδια της. Βασιζόμενοι σε αυτές τις προτάσεις, οι Filson και Rohrbacher ήταν σε θέση πλέον να παρέχουν

λεπτομερείς οδηγίες στους κατασκευαστές, δημιουργώντας σχέδια συμβατά με τεχνολογίες παραγωγής CNC (Filson & Rohrbacher, 2017).



Εικόνα 23: Μοντέλο κατανεμημένης παραγωγής της AtFAB

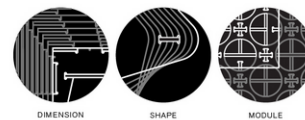
Οι Filson και Rohrbacher σχεδιάζουν και τεστάρουν τα έπιπλα στο εργαστήριό τους, και στη συνέχεια ανεβάζουν τα ψηφιακά αρχεία αυτών στο OpenDesk, μια παγκόσμια διαδικτυακή πλατφόρμα ανοιχτού σχεδιασμού, ώστε να μπορεί ο καθένας να έχει πρόσβαση σε αυτά (Deloitte, 2015). Η OpenDesk συνδέει μια κοινότητα από σχεδιαστές, κατασκευαστές και απλούς χρήστες, προωθώντας το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής. Στόχος είναι να μειωθεί η περιβαλλοντική επίπτωση λόγω των μεταφορών, να ενισχυθεί η τοπική απασχόληση και να προμηθεύονται οι πελάτες με πλήρως εξατομικευμένα και σύμφωνα με την αρέσκεια τους έπιπλα (Mims, 2013).



We organized AtFAB around a basic joinery detail, the S/Z, which aggregates into complex constructions that are further combined into larger structural assemblies. Assemblies are configured to accommodate everyday programs of sitting, working, screening, or storage, yielding dozens of clearly differentiated furniture objects from this system based on the basic joint.



A global community of Makers from around the world downloaded, modified, and locally fabricated AtFAB furniture from open source cut files that we posted online. They have shared their stories of making customizations, interpretations and adaptations in distant FabLabs, garages, schools, shops, and hacker spaces. See images and insights from AtFAB's global community on our blog.



For each furniture object, we developed an affiliated set of parameters that maximize choice, difference and functional variation, while preserving joint assemblies, structural integrity, manufacturing feasibility, and systemic consistency. Parametric definitions control object dimension and shape, and also enable use of the widest array of CNC machines and materials.

Εικόνα 24: Βασικές αρχές του μοντέλου της AtFAB

Πλέον η AtFAB είναι έτοιμη να κάνει το επόμενο βήμα και να αρχίσει να πουλάει τα έπιπλα της. Αντί όμως να επενδύσει σε δικές της εγκαταστάσεις, η επιχείρηση έχει αποφασίσει να «επενδύσει» στο μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής. Με την ανάπτυξη ενός αποκεντρωμένου δικτύου παραγωγής, η AtFAB παραχωρεί τα σχέδια της σε τοπικούς, ανεξάρτητους κατασκευαστές, με την προϋπόθεση να διατηρούνται οι απαιτήσεις ποιότητας που η ίδια θέτει. Αυτοί με τη σειρά τους θα μπορούν να πουλάνε τα προϊόντα της AtFAB σε πακέτα με τα απαραίτητα κομμάτια, τα οποία οι πελάτες θα συναρμολογούν μόνοι τους, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα προϊόντα της IKEA. Το όραμα της AtFAB είναι να δημιουργήσει ένα δίκτυο με ανεξάρτητους κατασκευαστές ανά τον κόσμο, που θα μπορούν να παράγουν τα προϊόντα της κοντά στους πελάτες της (Moad, 2013).

7.2: Η περίπτωση της Local Motors

Η Local Motors είναι μια αμερικάνικη εταιρία παραγωγής οχημάτων, που επικεντρώνεται σε μικρής παραγωγής οχήματα, με την λειτουργία πολλαπλών μικρών εργοστασίων. Ιδρύθηκε το 2007 με έδρα το Phoenix της Arizona. Η εταιρία παράγει

οχήματα χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της 3D εκτύπωσης, χρησιμοποιώντας σχέδια που δημιουργούνται από μια διαδικτυακή κοινότητα (Siemens, 2016).

Η ιδέα της κατασκευής σε μικρο-εργοστάσια έχει τις ρίζες της στις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στις εγκαταστάσεις της Toyota, όπου η ιαπωνική αυτοκινητοβιομηχανία εφάρμοσε μια φιλοσοφία άμεσης παραγωγής (το λεγόμενο μοντέλο 'just in time'), ώστε να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα των διαδικασιών. Το εν λόγω σύστημα δίνει τη δυνατότητα παραγωγής ποιοτικών οχημάτων, σε μικρές ποσότητες, σύμφωνα με τις σχεδιαστικές απαιτήσεις και τους στόχους της επιχείρησης. Αυτή ακριβώς η ιδέα, της παραγωγής σε μικρή κλίμακα, ακόμα και ανά μονάδα κάθε φορά, ήταν το κλειδί που επέτρεψε σε εταιρίες όπως η Local Motors να ανθήσουν (NewCo Shift, 2016). Με τη λειτουργία μικρών παραγωγικών μονάδων, η Local Motors κατάφερε να υπερβεί το εξαιρετικά υψηλό εμπόδιο και να εισέλθει στην βιομηχανία του αυτοκινήτου (Siemens, 2015).

Η Local Motors αποτελεί ίσως το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα ενός κατακευματισμένου δικτύου παραγωγής. Χάρη στις σύγχρονες τεχνολογίες, το διαδίκτυο και άλλες τεχνολογίες επικοινωνιών και αποθήκευσης δεδομένων, τα κόστη για την εύρεση των φυσικών και ανθρώπινων πόρων ελαττώνονται, η πρόσβαση στη γνώση και ο διαμοιρασμός αυτής είναι ευκολότερος, και τα νέα επιχειρηματικά μοντέλα είναι περισσότερο εκδημοκρατισμένα.



Εικόνα 25: Το μοντέλο των microfactories της Local Motors

Η Local Motors αυτή τη στιγμή έχει τρία μικρο-εργοστάσια. Αυτό είναι ένα πείραμα θα μπορούσαμε να πούμε σχετικά με ένα μοντέλο παραγωγής σε μικρές ποσότητες, δίνοντας ωστόσο μια νέα διάσταση στην παραγωγή αυτοκινήτων σε σχέση με ό,τι γνωρίζαμε μέχρι τώρα. Κάθε τέτοιο εργοστάσιο είναι σχεδιασμένο ώστε να παράγει συγκεκριμένου τύπου οχήματα, ανταποκρινόμενο στις ανάγκες της τοπικής κοινότητας και τους πόρους που αυτή είναι σε θέση να προσφέρει (Singularity Hub, 2016). Μέσω αυτού του τοπικού χαρακτήρα που υιοθετείται, σε συνδυασμό με την στρατηγική παραγωγής μικρών ποσοτήτων και την ενθάρρυνση της συνεργασίας στη φάση του σχεδιασμού, στόχος της Local Motors είναι η δραστική μείωση των χρόνων παράδοσης, εφαρμόζοντας ένα μοντέλο άμεσης παραγωγής κατά παραγγελία (on demand manufacturing).

Η ιδέα της συνεργατικής σχεδίασης και παραγωγής είναι ένα σημαντικό στοιχείο στη φιλοσοφία και τις αρχές της Local Motors, φέρνοντας σε επαφή τις ομάδες της εταιρίας, την διαδικτυακή κοινότητα και την τοπική κοινωνία, προκειμένου να συζητηθούν και

να αξιολογηθούν σχέδια, ιδέες και πρωτότυπες λύσεις. Μέσω του προγράμματος συνεργατικής σχεδίασης, οι πελάτες έχουν την ελευθερία να υποβάλλουν τις ιδέες τους σε μια πλατφόρμα στην ιστοσελίδα της Local Motors, λαμβάνοντας τις απαραίτητες παρατηρήσεις και σχόλια από τα αρμόδια στελέχη της εταιρίας. Στη συνέχεια, σε συνεργασία με τους μηχανικούς και τους σχεδιαστές της εταιρίας, μπορεί κάποιος να έχει το προϊόν που επιθυμεί, με τα χαρακτηριστικά που ο ίδιος υπέδειξε. Αυτό είναι και ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας της 3D εκτύπωσης, καθώς αντί να έχουμε μαζική παραγωγή όμοιων προϊόντων, μπορούμε να δημιουργήσουμε εξατομικευμένα προϊόντα, σχεδιασμένα και κατασκευασμένα επί τόπου, με την παρουσία του ενδιαφερόμενου πελάτη. Η εταιρία δουλεύει με μια κοινότητα συνεργατών, προμηθευτών, κατασκευαστών, μηχανικών και σχεδιαστών ώστε να παράγει και να διαθέσει στην αγορά τα προϊόντα (Becker, 2014).



Εικόνα 26: Η συνεργατική σχεδίαση και παραγωγή, βασική αρχή στην Local Motors
Οραμα των ανθρώπων της Local Motors είναι να εισάγει έναν επαναστατικό τρόπο παραγωγής στην αυτοκινητοβιομηχανία. Στα σχέδια της εταιρίας περιλαμβάνεται η αξιοποίηση των τελευταίων τεχνολογιών τριδιάστατης εκτύπωσης, σε συνδυασμό με

εργαλεία για παραγωγή σε μεγάλη κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα, η εταιρία πρόσφατα απέκτησε δύο μηχανήματα τριδιάστατης εκτύπωσης τύπου BAAM (Big Area Additive Manufacturing), εξοπλίζοντας το εργοστάσιο του Phoenix. Μέσα στα επόμενα χρόνια, η εταιρία στοχεύει στη δημιουργία και λειτουργία εκατό τέτοιων μικρο-εργοστασίων, όπου οι πελάτες θα μπορούν να συμμετέχουν στο σχεδιασμό και την παραγωγή αυτοκινήτων με την τεχνολογία της 3D εκτύπωσης, επί τόπου και με τα χαρακτηριστικά που οι ίδιοι επιθυμούν (3ders, 2016).

Πρόκειται πραγματικά για μια μοναδική ιδέα που ανατρέπει τα παραδοσιακά μοντέλα παραγωγής στην αυτοκινητοβιομηχανία. Πηγαίνοντας κόντρα στα κλασσικά μοντέλα οικονομίας κλίμακας που εφαρμόζουν οι κολοσσοί του κλάδου, η Local Motors οραματίζεται ένα μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο θα επιτυγχάνεται ταχύτερη και χαμηλότερου κόστους παραγωγή, στηριζόμενη σε τεχνολογίες όπως η τριδιάστατη εκτύπωση, στην έννοια της συνεργατικής σχεδίασης και στην αξιοποίηση του τοπικού χαρακτήρα της παραγωγής, με γνώμονα πάντα την προσωπική ικανοποίηση των πελατών της.

7.3: Δίκτυα κατανεμημένης παραγωγής με 3D εκτύπωση

Μέχρι τώρα ο κόσμος έχει γνωρίσει τρεις βιομηχανικές επαναστάσεις. Η πρώτη ήταν στα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Η δεύτερη ξεκίνησε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όταν ο Henry Ford εισήγαγε την έννοια της μαζικής παραγωγής, και η οποία διήρκεσε πάνω από έναν αιώνα. Τώρα βρισκόμαστε στα τελευταία στάδια της τρίτης βιομηχανικής επανάστασης, κατά την οποία είχαμε την εισαγωγή αυτοματισμών και συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης στην παραγωγή. Πλέον, στη μεταβατική περίοδο προς την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, η παραγωγή μετατρέπεται σε ψηφιακή, αξιοποιώντας τις τεχνολογίες του διαδικτύου και των πληροφοριών.

Το πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα ψηφιακής παραγωγής, η τριδιάστατη εκτύπωση, διεισδύει όλο και περισσότερο στο καταναλωτικό κοινό, μετατρέποντας κάθε πελάτη σε ένα μικροσκοπικό κέντρο παραγωγής. Αυτό ακριβώς ονομάζεται κατανεμημένη παραγωγή.

Δεν είναι σπάνιο το φαινόμενο μια εταιρία να ξεκινάει να δραστηριοποιείται παρέχοντας ελεύθερα την πνευματική της ιδιοκτησία, ενθαρρύνοντας τους πελάτες της να κατασκευάσουν μόνοι τους τα προϊόντα της. Ένα τέτοιο μοντέλο ακολουθεί και η εταιρία παραγωγής επίπλων AtFAB.

Η υλοποίηση συστημάτων κατανεμημένης παραγωγής είναι εφικτή χάρη στο αναπτυσσόμενο δίκτυο των FabLabs και δίκτυα τρισδιάστατης εκτύπωσης όπως το 3DHubs, τα οποία έχουν κάνει τις τεχνολογίες ψηφιακής παραγωγής ευπρόσιτες στο κοινό (Medium Corporation, 2016).

7.3.1: FabLabs

Τα FabLabs (Fabrication Laboratories) είναι ένα παγκόσμιο δίκτυο τοπικών εργαστηρίων, που ενθαρρύνουν την καινοτομία παρέχοντας πρόσβαση σε εργαλεία ψηφιακού σχεδιασμού και παραγωγής. Τα FabLabs αποτελούν κέντρα για εφαρμογές do-it-yourself (DIY), στα πλαίσια του κινήματος Maker Movement που συντελείται τα τελευταία χρόνια και η οποία στην ουσία αναδεικνύει τον πελάτη ως βασικό δημιουργό.

Η έννοια των FabLabs μπορεί να ερμηνευθεί από πολλές απόψεις. Ένα FabLab μπορεί να κατανοηθεί ως ένας φυσικός χώρος με εργαλεία και μηχανήματα για ψηφιακή παραγωγή, ή ως μια κοινότητα ανθρώπων που συνεργάζονται και μοιράζονται κάποιες κοινές αξίες και ικανότητες, ή ως ένας κόμβος σε ένα παγκόσμιο δίκτυο, στο οποίο

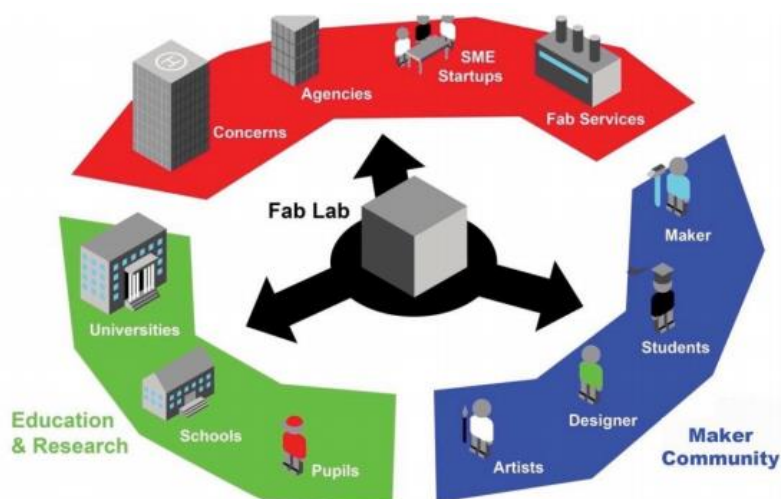
όμως μέσα δεν παύει να χάνει τον τοπικό του χαρακτήρα και την ξεχωριστή του ταυτότητα.



Εικόνα 27: Αρχές λειτουργίας των Fablabs

Τα FabLabs παίζουν σημαντικό ρόλο στη διάδοση των τεχνολογιών 3D εκτύπωσης, καθώς αυτά είναι τα μέρη όπου τρισδιάστατοι εκτυπωτές γίνονται προσβάσιμοι στο κοινό. Πολλά FabLabs ασχολήθηκαν με σημαντικά έργα σχετικά με τη 3D εκτύπωση και είχαν μεγάλη συνεισφορά στην ανάπτυξη και βελτίωση των τεχνολογιών ψηφιακής παραγωγής. Παρόλα αυτά, οι περισσότερες δραστηριότητες των FabLabs εξυπηρετούν ψυχαγωγικούς ή εκπαιδευτικούς σκοπούς, καθώς υπάρχουν θέματα τεχνικά, οικονομικά και κοινωνικά που πρέπει να εξεταστούν. Την ίδια στιγμή βέβαια καινούρια μοντέλα για συνεργατική, καταναμημένη παραγωγή μελετιούνται και αναπτύσσονται, σε μια προσπάθεια να γίνουν τα FabLabs οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά βιώσιμα (Gađanski, 2015).

Ο κύριος στόχος των FabLabs είναι να αξιοποιηθούν ως χώροι πειραματισμού, με την αξιοποίηση τόσο της πληροφορίας που παρέχουν, όσο και των τεχνολογικών δυνατοτήτων που δίνουν στους επισκέπτες τους. Στη βάση αυτής της αρχής λειτουργίας των FabLabs, έχουν διατυπωθεί κάποιες βασικές αρχές πάνω στις οποίες θα μπορούσε να δομηθεί ένα επιχειρηματικό μοντέλο για εμπορικές δραστηριότητες. Σύμφωνα με αυτές, εμπορικές δραστηριότητες θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν σε ένα FabLab, με την προϋπόθεση να μην παραβιάζουν την ελεύθερη πρόσβαση σε αυτό, να αξιοποιούν τη δυναμική που προσφέρει ολόκληρο το δίκτυο των FabLabs και τέλος να ωφελεί τους εφευρέτες, τα μέλη του FabLab, το δίκτυο αλλά και την τοπική κοινωνία.



Εικόνα 28: Περιβάλλον δραστηριοποίησης των Fablabs

Το FabLab της Ισλανδίας (P2P Foundation, 2011) έχει προτείνει τέσσερα επιχειρηματικά μοντέλα λειτουργίας των FabLabs:

- Enabler business model: ανάπτυξη νέων Labs ή συντήρηση και υποστήριξη των ήδη υπαρχόντων.
- Education business model: ένα κατακεκομμένο μοντέλο εκπαίδευσης μέσω των FabLabs όπου ειδικοί από διάφορους κλάδους θα μπορούν να παρέχουν

εκπαίδευση από τα τοπικά Labs ή απομακρυσμένα με τη μορφή τηλεδιασκέψεων.

- Incubator business model: υποστήριξη για νέους επιχειρηματίες ώστε να μετατρέψουν τις δημιουργίες τους στα FabLabs σε βιώσιμες επιχειρήσεις. Το Lab αναλαμβάνει τις απαραίτητες υποδομές, την προώθηση, την εύρεση του αρχικού κεφαλαίου και άλλες σχετικές δραστηριότητες, επιτρέποντας στον επιχειρηματία να επικεντρωθεί στους τομείς που είναι ειδικός.
- Replicated/Network business model: δημιουργία ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας χρησιμοποιώντας τις υποδομές, το προσωπικό και την τεχνογνωσία ενός τοπικού FabLab. Τέτοιες ευκαιρίες μπορούν να επεκταθούν σε περισσότερα ή και σε ολόκληρο το δίκτυο των FabLabs, με την αποκόμιση των ανάλογων εσόδων σε κάθε μέρος. Η σωστή διαχείριση του δικτύου μπορεί να δημιουργήσει ένα ισχυρό brand για το προϊόν.

Τα Fab labs έχουν τις προοπτικές να γίνουν πυρήνες ενός παγκόσμιου οικοσυστήματος τρισδιάστατης παραγωγής. Ο Saublers (2014) παρουσίασε τους βασικούς πυρήνες για τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος:

- Τα Fablabs είναι εξοπλισμένα με ένα σύνολο εξελιγμένων μηχανημάτων (laser cutters, 3d εκτυπωτές, ρομπότ κλπ) που έχουν τη δυνατότητα να συνεργάζονται και να συνδυάζουν διαφορετικές λειτουργίες και ενέργειες.
- Πλατφόρμες e-sourcing φέρουν κοντά κατασκευαστές, τα fablabs,, παρόχους υπηρεσιών και παραγωγούς 3d εκτύπωσης.

- Η λειτουργία των 3d printing hubs επιτρέπει πιο ευέλικτα επιχειρηματικά μοντέλα.
- Πλατφόρμες συμμετοχικής χρηματοδότησης (crowdfunding) ενισχύουν τη χρηματοδότηση.
- Πλατφόρμες e-commerce διευκολύνουν τις πωλήσεις για μικροπαραγωγούς ή τοπικά 3d printing hubs.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι τα FabLabs είναι σημαντικά για πολλούς λόγους. Μπορούν να προωθήσουν την συνεργασία στην τοπική κοινωνία, να αποτελέσουν αφετηρία για την ανάπτυξη νέων έργων και επιχειρηματικών ιδεών, αλλά το πιο σημαντικό είναι ότι αναπαριστούν ένα μοντέλο για το μέλλον της παραγωγής. Ένα μέλλον που περιστρέφεται γύρω από την κατανομημένη παραγωγή, την συνεργασία και την ανάδειξη του πελάτη ως βασικού σχεδιαστή και δημιουργού.

7.3.2: 3D Hubs

Μηχανήματα ψηφιακής παραγωγής όπως οι 3D εκτυπωτές γίνονται τα εργοστάσια του μέλλοντος. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν την άμεση και κατά παραγγελία παραγωγή προϊόντων, πολύ πιο κοντά στο σημείο πώλησης, εξαλείφοντας τα κόστη της υπερπαραγωγής και της μεταφοράς. Το δίκτυο των 3D Hubs επιταχύνει αυτό το εγχείρημα, δίνοντας τη δυνατότητα στον καθένα παγκοσμίως να έχει πρόσβαση σε παρόχους τεχνολογιών τριδιάστατης εκτύπωσης (Molitch-Hou, 2016).

Το 3D Hubs (3D Hubs, 2017), με έδρα την Ολλανδία από το 2013, είναι μια διαδικτυακή πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών 3D εκτύπωσης. Αποτελούμενο από ένα δίκτυο τριδιάστατων εκτυπωτών σε πάνω από 20000 τοποθεσίες, σε περισσότερες από

150 χώρες, παρέχει σε πάνω από ένα δισεκατομμύριο ανθρώπους πρόσβαση σε υπηρεσίες τρισδιάστατης εκτύπωσης, σε μικρή απόσταση από τα σπίτια τους. Στην ουσία αυτό που κάνει η εταιρία είναι να διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων που διαθέτουν μηχανήματα 3D εκτύπωσης και ανθρώπων που επιθυμούν να φτιάξουν ένα μοντέλο. Οι κάτοχοι μηχανών τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορούν να συνδεθούν στην πλατφόρμα προκειμένου να παρέχουν τις υπηρεσίες τους, ενώ οι πελάτες μπορούν να εντοπίσουν αυτούς τους παρόχους που τους εξυπηρετούν όσον αφορά την απόσταση και το κόστος, προκειμένου να εκτυπώσουν τα 3D μοντέλα τους.

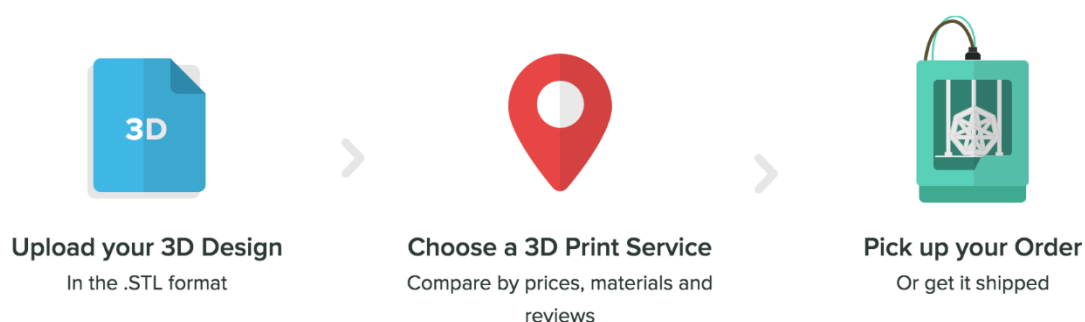


Εικόνα 29: Το παγκόσμιο δίκτυο των 3D Hubs

Το 3D Hubs και η κοινότητα των συνεργαζόμενων κατασκευαστών αλλάζουν την εφοδιαστική αλυσίδα, κάνοντας την παραγωγή τοπική, άμεση και εξατομικευμένη. Αυτή η προσέγγιση βρίσκεται σε πλήρη αντίθεση σε σχέση με το τυπικό μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας, σύμφωνα με το οποίο μεγάλες ποσότητες όμοιων προϊόντων παράγονται και μεταφέρονται, τις περισσότερες φορές σε απομακρυσμένους από το

σημείο παραγωγής προορισμούς, με ένα μεγάλο αριθμό μάλιστα προϊόντων να πετιούνται.

Όπως αναφέρουν οι ίδιοι οι ιδρυτές “όραμα μας είναι ένα πραγματικά αποκεντρωμένο μέλλον στην παραγωγή. Το γεγονός ότι κατασκευάζονται εκατομμύρια προϊόντα στην άλλη άκρη της γης προτού ακόμα πωληθεί κάποιο από αυτά φαίνεται ξεπερασμένο. Ιδίως αν σκεφτούμε ότι υπάρχουν τεχνολογίες, ακόμη κι αν βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο, που επιτρέπουν την παραγωγή κατά παραγγελία, και μόνο αφότου ο πελάτης εκδηλώσει το ενδιαφέρον του, μέσω ενός δικτύου σαν το 3D Hubs.”



Εικόνα 30: Υπηρεσία τριδιάστατης εκτύπωσης από το 3D Hubs

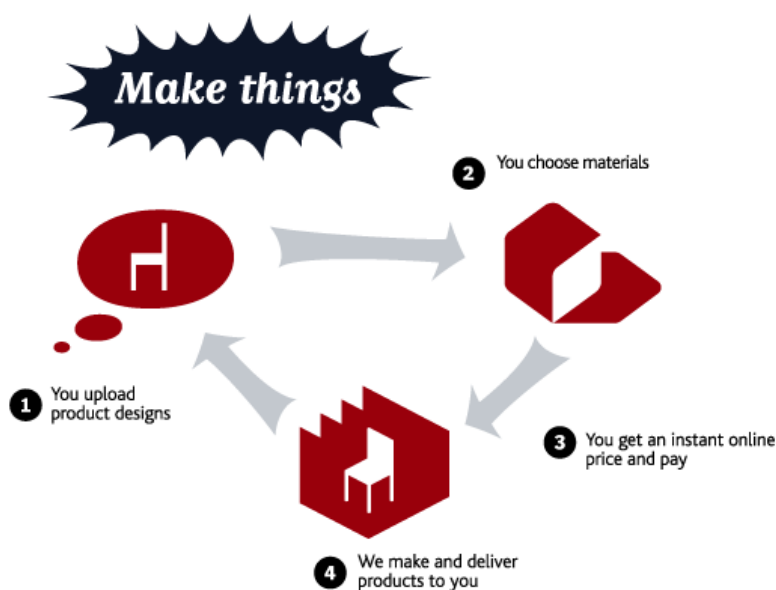
Μετά από μια πρόσφατη επένδυση ύψους 7 εκατομμυρίων δολαρίων, η πλατφόρμα του 3D Hubs θα συνεχίσει να εξελίσσεται και να διευρύνεται ακόμα περισσότερο. Η εταιρία επενδύει σημαντικά στις ομάδες τις, προκειμένου να βρεθούν εταιρίες παροχής υπηρεσιών 3D εκτύπωσης που δεν παρέχουν ακόμα τις υπηρεσίες τους online και να ενσωματωθούν στο δίκτυο της.

Το 3D Hubs φέρνει μια νέα αγορά που, σύμφωνα με τους ανθρώπους της εταιρίας, θα έχει καθοριστική επίπτωση στον τρόπο που θα γίνεται η παραγωγή στο κοντινό μέλλον. Η ομάδα που ξεκίνησε αυτό το εγχείρημα απέδειξε ότι η τριδιάστατη εκτύπωση επεκτείνεται και πέρα από ένα χόμπι, λειτουργώντας με ένα ευρύ δίκτυο εκτυπωτών

και δημιουργώντας μια μεγάλη συνεργατική πλατφόρμα για την ανάπτυξη νέων προϊόντων.

7.3.3: Η περίπτωση της Ponoko

Η Ponoko (Ponoko, 2017) είναι μια εταιρία παροχής υπηρεσιών ψηφιακής κατασκευής, η οποία τράβηξε το ενδιαφέρον λόγω του ιδιαίτερου επιχειρηματικού μοντέλου της και ξεχώρισε ως μια από τις πρώτες επιχειρήσεις που ακολούθησε το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής. Η Ponoko δέχεται ψηφιακά σχέδια από πελάτες και τα παράγει κατευθείαν με χρήση μηχανών CNC, μηχανών κοπής με laser και τριδιάστατους εκτυπωτές. Οι κατασκευαστές της βρίσκονται σε ένα δίκτυο κατανεμημένο ανά τον κόσμο, έτσι ώστε οι πελάτες να εξυπηρετούνται στο πλησιέστερο σε αυτούς σημείο παραγωγής (Windham, 2012).



Εικόνα 31: Υπηρεσία τριδιάστατης εκτύπωσης από την Ponoko

Το 2008, με την συνεργασία της ShopBot Tools Inc, ενός από τους μεγαλύτερους κατασκευαστές εργαλείων ψηφιακού σχεδιασμού, η Ponoko ξεκίνησε την ιδέα της 100k Garages. Πρόκειται για μια διευρυμένη πλατφόρμα επικοινωνίας που φέρνει

κοντά ενθουσιώδης και φιλόδοξους εφευρέτες με σχεδιαστές και παραγωγούς, που μπορούν να υλοποιήσουν τις ιδέες τους.

Οι κατασκευαστές που βρίσκονται στο δίκτυο της 100k Garages δουλεύουν με εργαλεία δύο ή τριών διαστάσεων για κοπή, επεξεργασία, εκτύπωση και άλλες κατεργασίες. Εάν μια ιδέα χρειάζεται υποστήριξη, ένα δίκτυο σχεδιαστών είναι διαθέσιμο, προκειμένου να συμβάλλουν στη βέλτιστη διαμόρφωση της ιδέας. Το μόνο που έχει να κάνει ένας απλός χρήστης είναι να μπει στην ιστοσελίδα της εταιρίας και να υποβάλλει την ιδέα του. Από εκεί και μετά, τα μέλη της κοινότητας θα έχουν πρόσβαση σε αυτή και θα μπορούν να δηλώνουν τις προσφορές τους για την υλοποίησή της.

Τα κυριότερα σημεία που ξεχωρίζουν στην πλατφόρμα της Popoko είναι τα στοιχεία του ανοιχτού σχεδιασμού (open design) και της συνεργατικής σχεδίασης και παραγωγής (co-creation), προσελκύοντας όλο και μεγαλύτερο αριθμό ατόμων να συμμετάσχουν ενεργά στην παραγωγή νέων προϊόντων. Όραμα των ανθρώπων της Popoko είναι η δημιουργία και η ανάπτυξη ενός νέου μοντέλου παραγωγής, που θα διευκολύνει την παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων και σύμφωνα με τις ανάγκες του καθενός, με την αξιοποίηση των εργαλείων ψηφιακού σχεδιασμού και παραγωγής. Οι νέες τεχνολογίες παραγωγής, καθώς και οι υπηρεσίες που προσφέρει το διαδίκτυο, είναι σε θέση να υποστηρίξουν ένα διευρυμένο δίκτυο, γεωγραφικά κατανεμημένο, αλλάζοντας τον τρόπο με τον οποίο τα προϊόντα παράγονται και διανέμονται.

7.4: Συμπεράσματα

Από την μελέτη των παραπάνω περιπτώσεων έγινε εμφανές ότι η έννοια της κατανεμημένης παραγωγής δεν μπορεί να καθοριστεί μονοσήμαντα, καθώς αποδεικνύεται στην πράξη ότι υπάρχει ένα εύρος διαφορετικών μοντέλων που είναι σε

θέση να ανταποκριθούν στις ανάγκες για αποκεντρωμένη παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων. Τα ευρήματα από την μελέτη που προηγήθηκε είναι αρκετά ώστε να αναδείξουν τα κυριότερα εργαλεία για την ανάπτυξη ενός συστήματος κατακευμαμένης παραγωγής, με τα χαρακτηριστικά που έχουν προαναφερθεί, οδηγώντας σε ένα πλήρες μοντέλο που παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 8: Υλοποίηση συστημάτων κατανεμημένης

παραγωγής

8.1: Επιχειρησιακό μοντέλο συστημάτων κατανεμημένης παραγωγής

Στις προηγούμενες ενότητες αναλύθηκε σε βάθος η δομή των συστημάτων κατανεμημένης παραγωγής και προσδιορίστηκαν με μεγάλη ακρίβεια τα στοιχεία εκείνα που είναι απαραίτητα για την αποτελεσματική εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος, εξετάζοντας κάποια ήδη υπάρχοντα αντιπροσωπευτικά παραδείγματα. Από τα συμπεράσματα που προέκυψαν και έχοντας μια πλήρη εικόνα πλέον για το τι είναι κατανεμημένη παραγωγή, είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε ένα γενικό μοντέλο για την περιγραφή ενός συστήματος κατανεμημένης παραγωγής. Το μοντέλο αυτό αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τον επιχειρησιακό σχεδιασμό μιας επιχείρησης που επιθυμεί να εφαρμόσει το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής, ανεξάρτητα του κλάδου στον οποίο δραστηριοποιείται.

Για την δημιουργία του μοντέλου ελήφθησαν υπόψη όλα τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις που παρουσιάζει ένα σύστημα κατανεμημένης παραγωγής, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στα πρώτα κεφάλαια, καθώς και τα στοιχεία που ξεχωρίζουν από τα παραδείγματα εφαρμογής κατανεμημένης παραγωγής που εξετάστηκαν. Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, προσδιορίζεται το επιχειρησιακό πλάνο για την ανάπτυξη ενός συστήματος κατανεμημένης παραγωγής, που στόχο έχει την παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων, σε μικρή κλίμακα και σε μικρή απόσταση από τους τελικούς πελάτες. Παράλληλα, το σύστημα αυτό θα πρέπει να αναδεικνύει και να αξιοποιεί τα ιδιαίτερα τοπικά χαρακτηριστικά, ενισχύοντας την τοπική αγορά. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, θα πρέπει να παρουσιάζει χαρακτηριστικά όπως η ευελιξία, η προσαρμοστικότητα, η δεκτικότητα στη μάθηση, στοιχεία που θα

καθιστούν ανταγωνιστική την επιχείρηση, ώστε να μπορεί να ικανοποιεί τους πελάτες της ανά πάσα στιγμή (Gunasekaran και Yusuf, 2002).

Στη βάση των στρατηγικών στόχων που περιεγράφηκαν παραπάνω, εντοπίζονται τέσσερις βασικοί πυλώνες για την υποστήριξη ενός συστήματος κατανεμημένης παραγωγής:

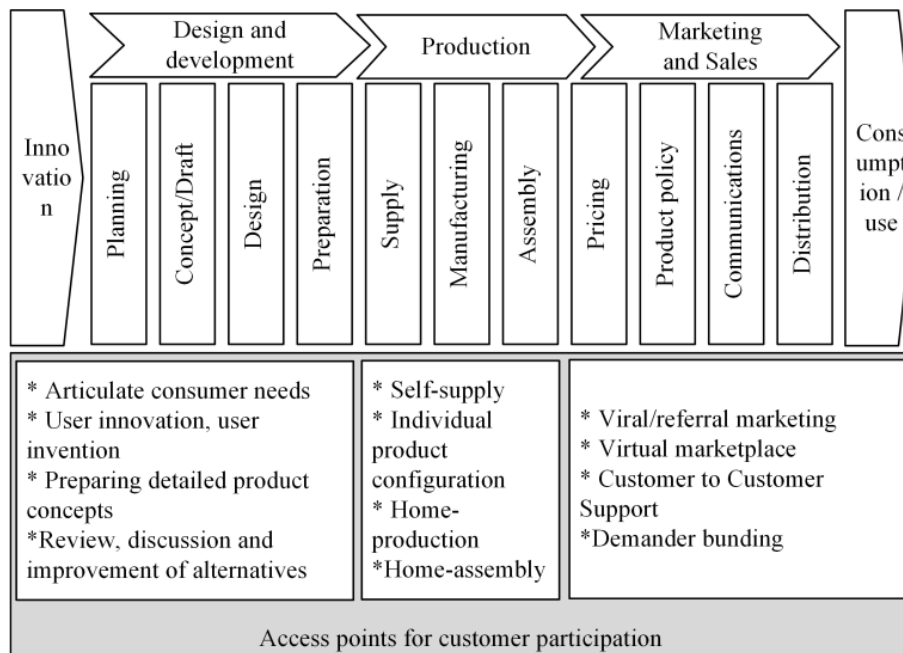
- Εγκαταστάσεις
- Άνθρωποι
- Τεχνολογίες & Αυτοματισμοί
- Διαδικασίες

Οι εγκαταστάσεις αφορούν την φυσική αναπαράσταση του συστήματος. Πρόκειται για τις κτηριακές υποδομές που υποστηρίζουν τις δραστηριότητες της επιχείρησης, τόσο σε επίπεδο διοίκησης και συντονισμού, όσο και σε επίπεδο εκτέλεσης και υλοποίησης των εργασιών για την παραγωγή. Αυτό επιτυγχάνεται σε δύο επίπεδα, ένα κεντρικό όπου συντελούνται όλες οι υποστηρικτικές για την παραγωγή διαδικασίες και λαμβάνουν χώρα οι διοικητικές λειτουργίες της επιχείρησης, και σε τοπικό, στο οποίο γίνεται η παραγωγή και το οποίο αποτελεί το δίαυλο επικοινωνίας μεταξύ της επιχείρησης και των πελατών της. Είναι πολύ σημαντικό να καθοριστεί ο βαθμός και ο τρόπος που κάθε επίπεδο θα επιδρά στην παραγωγική διαδικασία, ώστε να επιτυγχάνεται επιτυχής επικοινωνία και συνεργασία (Durgão κ.α., 2016). Η υποστήριξη της παραγωγικής διαδικασίας σε τοπικό επίπεδο επιτυγχάνεται με την λειτουργία τοπικών labs, τα οποία είναι εξοπλισμένα με τον κατάλληλο εξοπλισμό ώστε να μπορούν να παραδίδουν άμεσα και με ευέλικτο τρόπο υψηλής ποιότητας εξατομικευμένα προϊόντα στους πελάτες τους (DHL, 2016).



Εικόνα 32: Το μοντέλο των print shops από την DHL

Οι ανθρώπινοι πόροι είναι ένα επίσης σημαντικό στοιχείο σε οποιοδήποτε σύστημα παραγωγής. Συγκεκριμένα για ένα σύστημα κατανεμημένης παραγωγής εντοπίζουμε τρεις κατηγορίες: πελάτες, ανθρώπινοι πόροι, συνεργάτες. Όπως γίνεται αντιληπτό, οι πελάτες αποτελούν ενεργό κομμάτι μείζονος σημασίας για την επιτυχία του μοντέλου, καθώς είναι αυτοί που στην ουσία διαμορφώνουν το τελικό προϊόν όπως οι ίδιοι το επιθυμούν. Γενικότερα μπορούμε να πούμε ότι ενθαρρύνεται και ενισχύεται η συμμετοχή του τελικού πελάτη, σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 33 (Basmer κ.α., 2015) Σε αυτό συμβάλλει βεβαίως και πιο εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό, όπως μηχανικοί, σχεδιαστές, ειδικοί σε θέματα μάρκετινγκ, καθώς επίσης και επαγγελματίες τεχνίτες, οι οποίοι, ανάλογα με τον κλάδο εφαρμογής του μοντέλου, μπορούν να συνεισφέρουν με τις γνώσεις και την εμπειρία τους.



Εικόνα 33: Συμμετοχή του πελάτη στα διάφορα στάδια παραγωγής

Οι τεχνολογίες και οι αυτοματισμοί έγκεινται στο τεχνολογικό υπόβαθρο για την υποστήριξη και τη λειτουργία του συστήματος, όπως έχει ήδη αναλυθεί σε προηγούμενες ενότητες. Αποτελεί όλες τις σύγχρονες μεθόδους παραγωγής, όπως εκτυπωτές για προσθετική παραγωγή, εφαρμογές CAD/CAM, όπως επίσης και τα συστήματα του νέφους που απαιτούνται για την αποτελεσματική διαχείριση των λειτουργιών του συστήματος.

Τέλος, στο κομμάτι των διαδικασιών εντοπίζουμε όλα εκείνα τα ιδιαίτερα στοιχεία που συμβάλλουν στη δημιουργία ενός μοντέλου κατανεμημένης παραγωγής, με τα χαρακτηριστικά που έχουν προαναφερθεί, ώστε να μπορεί να ανταποκρίνεται στους στόχους του. Σε αυτά περιλαμβάνονται ο ανοιχτός σχεδιασμός (open design/co-creation), ο σχεδιασμός και η παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων (mass customization), καθώς και η διαδικασία παραγωγής κατά παραγγελία (on demand) και επιτόπου (on site).

Πέρα από τα παραπάνω στοιχεία, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν και δύο ακόμα, τα οποία είναι κομβικής σημασίας, ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε σε ένα σύστημα κατανεμημένης παραγωγής. Πρόκειται για αυτά της επικοινωνίας και της γνώσης.

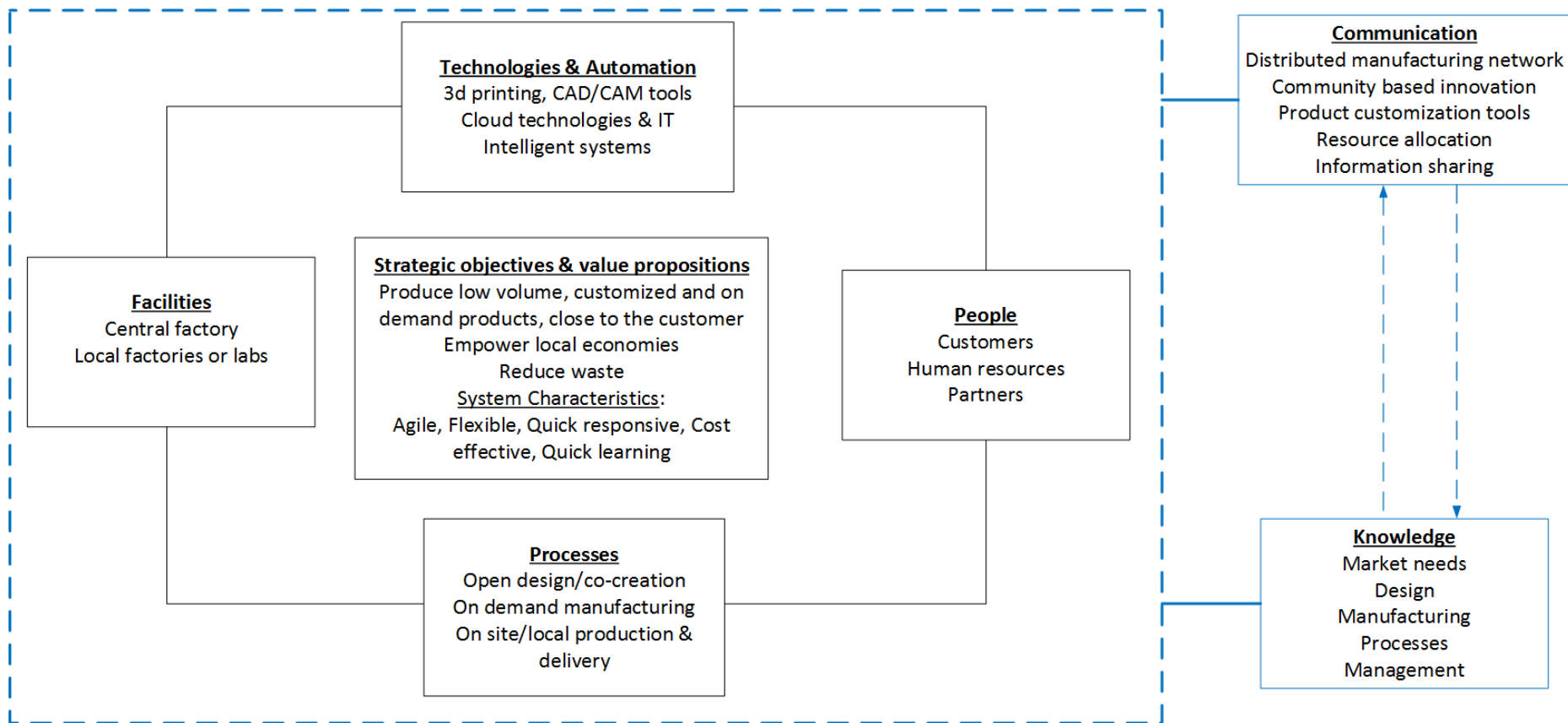
Η επικοινωνία είναι ίσως είναι το σημαντικότερο στοιχείο του μοντέλου που περιγράφουμε, καθώς είναι αυτό που διαφοροποιεί στην ουσία ένα σύστημα κατανεμημένης παραγωγής από τα παραδοσιακά συστήματα. Η επικοινωνία έχει να κάνει τόσο με το δίκτυο κατανεμημένης παραγωγής αυτό καθ' αυτό, όπως επίσης και με όλες τις διαδικασίες που σχετίζονται με την παραγωγή των προϊόντων. Έτσι, στοιχεία όπως η αλληλεπίδραση μεταξύ της επιχείρησης και των πελατών της, καθώς και ο τρόπος που αυτοί (οι πελάτες) θα συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία, ο βέλτιστος διαμοιρασμός των πόρων, είναι κρίσιμα για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου και χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής.

Η γνώση έγκειται σε όλα εκείνα τα στοιχεία που αποτελούν τη βάση για την εφαρμογή του μοντέλου, όπως η κατάσταση και οι ανάγκες της αγοράς, οι εξελίξεις που επηρεάζουν την παραγωγή και γενικότερα τις διαδικασίες που ακολουθούνται, θέματα οργάνωσης και τρόπου λήψης αποφάσεων. Είναι τα στοιχεία που πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς και στα οποία πρέπει να προσαρμόζεται η επιχείρηση, καθώς συνεχώς μεταβάλλονται, προκειμένου να συνεχίσει να είναι ανταγωνιστική και να εφαρμόζει επιτυχώς το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής.

Το μοντέλο που παρουσιάστηκε αποτελεί έναν οδηγό για την εφαρμογή κατανεμημένης παραγωγής. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται αποτελούν τον κορμό ενός τέτοιου συστήματος, το οποίο μπορεί σε κάθε περίπτωση να διαφοροποιηθεί και να προσαρμοστεί, ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή. Ενδεικτικές εφαρμογές του μοντέλου κατανεμημένης παραγωγής αποτελούν οι παρακάτω:

- Ανταλλακτικά και διάφορα εξαρτήματα
- Παιχνίδια και είδη δώρων
- Ιατρικές εφαρμογές
- Κοσμήματα
- Είδη ένδυσης και υπόδησης
- Είδη διακόσμησης

Σε κάθε περίπτωση, το παρόν μοντέλο αναδεικνύει όλα εκείνα τα στοιχεία που απαιτούν τα σύγχρονα συστήματα παραγωγής και τα οποία πρέπει να αξιοποιούν οι σύγχρονες επιχειρήσεις, προκειμένου να μπορούν να ικανοποιούν τους πελάτες τους και να είναι ανταγωνιστικές.



Εικόνα 34: Επιχειρηματικό μοντέλο για καταναμημένη παραγωγή

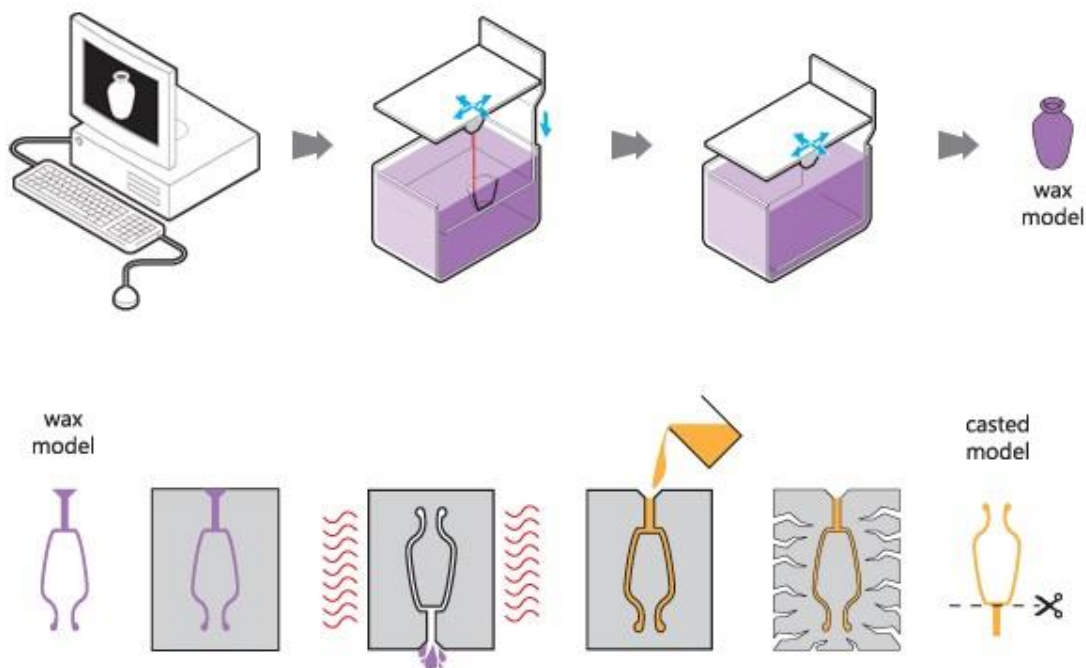
8.2: Εφαρμογή μοντέλου κατανεμημένης παραγωγής για την παραγωγή κοσμημάτων

Ένας τομέας στον οποίο η τριδιάστατη εκτύπωση φαίνεται να παρουσιάζει αλματώδη πρόοδο είναι αυτός του σχεδιασμού και δημιουργίας εξατομικευμένων κοσμημάτων. Παραδοσιακά, ο σχεδιασμός και η διαδικασία παραγωγής κοσμημάτων απαιτούσε ανέκαθεν υψηλή εξειδίκευση, πείρα και γνώση, σχετικά με συγκεκριμένες πτυχές, όπως ο σχεδιασμός, η δημιουργία του καλουπιού χύτευσης, η ίδια η διαδικασία της χύτευσης, καθώς και όλες οι μηχανικές διεργασίες (σφυρηλάτηση, χάραξη κλπ.) που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός κοσμήματος. Καθένας από αυτούς τους κλάδους εξελίχθηκε με το πέρασμα των χρόνων και απαιτεί ξεχωριστή τεχνική γνώση, όταν πρόκειται για εφαρμογή στην αργυροχρυσοχοΐα. Επομένως, μπορούμε εύκολα να αντιληφθούμε ότι η δημιουργία ενός 100% προσωπικού δαχτυλιδιού, βραχιολιού ή περιδέριου, σχεδιασμένο και κατασκευασμένο σε χρυσό, ασήμι ή κάποιο άλλο πολύτιμο μέταλλο, είναι μια ιδιαίτερα δαπανηρή διαδικασία.

Η τριδιάστατη εκτύπωση, όσον αφορά τον κλάδο της αργυροχρυσοχοΐας, έχει αποδειχτεί μια ιδιαίτερα καινοτόμα εφαρμογή. Όσο η τεχνολογία εξελίσσεται, υπάρχει ένα όλο και αυξανόμενο ενδιαφέρον σχετικά με τις δυνατότητες που έχει η τριδιάστατη εκτύπωση να βελτιώσει τον κλάδο. Με τις ελευθερίες που προσφέρουν πλέον στον σχεδιασμό τα συστήματα CAD και οι τεχνολογίες 3D εκτύπωσης, από τη βελτίωση των υπάρχοντων παραδοσιακών διαδικασιών μέχρι την απευθείας παραγωγή με τριδιάστατη εκτύπωση, η συγκεκριμένη τεχνολογία φαίνεται να έχει σημαντικό αντίκτυπο στον συγκεκριμένο κλάδο. Εισάγοντας πλέον μια ψηφιακή ροή στη δημιουργία κοσμημάτων, δίνεται η δυνατότητα να σχεδιάζουμε τα δικά μας κοσμήματα, να δημιουργούμε εύκολα και οικονομικά ψηφιακά ή φυσικά πρωτότυπα, πριν την δαπάνη για τη δημιουργία του τελικού κοσμήματος, ώστε να είμαστε σίγουροι ότι θα παραλάβουμε αυτό που πραγματικά επιθυμούμε.

Η εισαγωγή των συστημάτων CAD ήταν μια επιτομή στη διαδικασία σχεδιασμού κοσμημάτων, καθώς έδωσε τη δυνατότητα δημιουργίας τριδιάστατων μοντέλων, τα οποία μπορούμε να επεξεργαζόμαστε στην οθόνη του υπολογιστή, να τα εξετάζουμε από οποιαδήποτε οπτική γωνία και να επεμβαίνουμε σε αυτά όπως θα κάναμε και σε ένα φυσικό μοντέλο. Μόλις το τελικό σχέδιο οριστικοποιηθεί, το ψηφιακό αρχείο στέλνεται για παραγωγή σε ένα σύστημα CAM, όπου το αντικείμενο «χτίζεται» με τριδιάστατη εκτύπωση. Το τελικό αντικείμενο μπορεί να είναι ένα πλαστικό πρωτότυπο, ή ένα πρότυπο για το καλούπι χύτευσης, ή ακόμα και το τελικό κόσμημα, εάν χρησιμοποιηθεί μια μέθοδος για απευθείας εκτύπωση σε μέταλλο.

Για την παραγωγή κοσμημάτων σε χρυσό, ασήμι, χαλκό, ορείχαλκο και άλλα πολύτιμα μέταλλα, χρησιμοποιείται η μέθοδος χύτευσης χαμένου κεριού (Lost Wax Printing and Casting). Αυτή η τεχνολογία συνδυάζει την παραδοσιακή μέθοδο χύτευσης και τις νέες τεχνολογίες τριδιάστατης εκτύπωσης. Όλα ξεκινάνε με την εκτύπωση του τριδιάστατου μοντέλου σε κερί. Ο τριδιάστατος εκτυπωτής χρησιμοποιεί μια κατάλληλη ρητίνη ως υλικό εκτύπωσης. Στη συνέχεια το κέρινο μοντέλο εισάγεται σε ένα δοχείο, το οποίο καλύπτεται με γύψο. Όταν ο γύψος στερεοποιηθεί, σχηματίζεται το καλούπι της χύτευσης, το οποίο στη συνέχεια θερμαίνεται προκειμένου να λιώσει το κέρινο μοντέλο και να μείνει κενή η μήτρα του καλουπιού, ώστε να προχωρήσουμε στη χύτευση του μετάλλου (I-materialise, 2017).



Εικόνα 35: Η μέθοδος Lost Wax Printing and Casting

Μια ανερχόμενη εξέλιξη στην παραγωγή γενικότερα, που θα μειώσει δραστικά το κενό μεταξύ του σχεδιασμού και της παραλαβής του τελικού αντικειμένου, αποτελεί η τεχνολογία συσσωμάτωσης με laser απευθείας σε μέταλλα (Directive Metal Laser Sintering). Η συγκεκριμένη διαδικασία περιλαμβάνει την απευθείας τριδιάστατη εκτύπωση ενός αντικειμένου από ψηφιακό αρχείο, με την ανά στρώματα τήξη σκόνης μετάλλου, χρησιμοποιώντας μια ακτίνα λέιζερ στα σημεία που απαιτείται.



Εικόνα 36: Παραγωγή κοσμημάτων με τη μέθοδο Directive Metal Laser Sintering

Εκτός από μέταλλα, πολλοί σχεδιαστές χρησιμοποιούν και άλλα υλικά, που επιτρέπουν την απευθείας τριδιάστατη εκτύπωση κοσμημάτων, όπως είναι η πολυαμίδη, για την δημιουργία εναλλακτικών και μοντέρνων κοσμημάτων.



Εικόνα 37: Εκτυπώσιμα κοσμήματα από πολυαμίδη

Η τεχνολογία της τριδιάστατης εκτύπωσης είναι ιδιαίτερα ευεργετική για την παραγωγή κοσμημάτων, καθώς βοηθά στην επίτευξη υψηλής ποιότητας, συνέπειας, αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας. Οι σχεδιαστές μπορούν να παράγουν σχέδια υψηλής πολυπλοκότητας, ενώ οι παραγωγοί να χρησιμοποιούν καλούπια από τριδιάστατους εκτυπωτές, όπως περιεγράφηκαν προηγουμένως, για την επίτευξη καλής ποιότητας και ακρίβειας. Η διαδικασία μπορεί να γίνει in-house, μειώνοντας σημαντικά τα κόστη που σχετίζονται με την παραγωγή και επιτρέποντας στον σχεδιαστή καλύτερο έλεγχο της διαδικασίας. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στον σχεδιαστή και τον πελάτη να αναλύσουν μαζί το αντικείμενο που θα παραχθεί, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο το ενδεχόμενο απαίτησης αλλαγών σε προχωρημένο στάδιο, ή απόρριψη του τελικού αντικειμένου, ή άλλων ανεπιθύμητων γεγονότων, που είναι αδύνατο να αποφευχθούν με τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τριδιάστατη εκτύπωση, όπως έχουμε αναφέρει ουκ ολίγες φορές, είναι η δυνατότητα της εξατομίκευσης. Ότι παλαιότερα ήταν μια πολύπλοκη και δαπανηρή διαδικασία, είναι πλέον δυνατό με το πάτημα ενός κουμπιού. Καθώς η τρισδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει το σχεδιασμό χωρίς περιορισμούς, ενισχύεται έτσι η δημιουργικότητα και η καινοτομία, σημαντικά στοιχεία για την επιτυχία στην παραγωγή κοσμημάτων.

Αναφορικά με τα πλεονεκτήματα σε κόστος που προσφέρει η τεχνολογία, το ενδιαφέρον εστιάζεται στις παραμέτρους της ταχύτητας, της πολυπλοκότητας και της ορθής διαχείρισης του μετάλλου. Ειδικά σε ότι αφορά την πολυπλοκότητα στον σχεδιασμό, αξίζει να τονίσουμε την ευχέρεια που δίνει η τεχνολογία της τριδιάστατης εκτύπωσης για την δημιουργία πολύπλοκων σχεδίων, βελτιστοποιημένων σχεδιαστικά και τοπολογικά, μειώνοντας έτσι το αντίστοιχο κόστος και ελαττώνοντας την «χαμένη» ποσότητα μετάλλου.

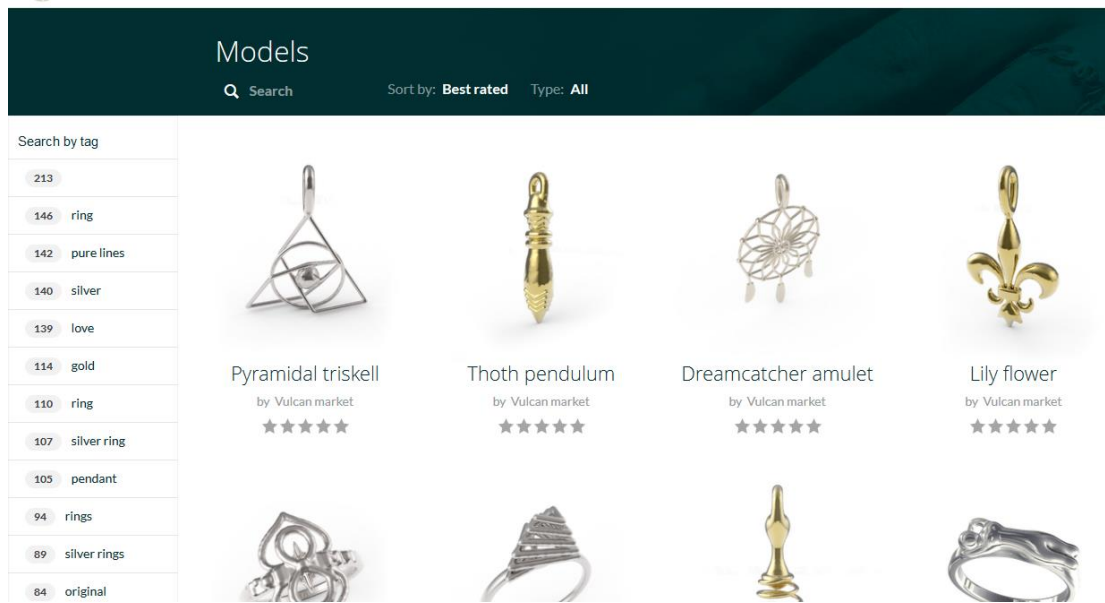
Η τιμή ενός προϊόντος παραγόμενου με τριδιάστατη εκτύπωση εξαρτάται από το μέγεθος, τον όγκο και το υλικό. Έτσι, κάθε σχέδιο που παράγεται έχει μια μοναδική τιμή. Για να αντιληφθούμε όμως καλύτερα το πραγματικό κόστος ενός κοσμήματος που παράγεται με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε παραπάνω, ακολουθεί ένα πραγματικό παράδειγμα.

Το ακόλουθο δαχτυλίδι εκτυπώνεται σε χαλκό από την i-materialise, μια online υπηρεσία παραγωγής κοσμημάτων με τεχνολογίες 3D εκτύπωσης, όπως παρουσιάζεται στην επίσημη ιστοσελίδα της εταιρίας. Η τιμή του είναι περίπου 30€. Το ίδιο κόσμημα σε ασήμι κοστίζει περίπου 60€. Όπως μπορούμε να αντιληφθούμε, το κόστος δεν είναι απαγορευτικό για κάποιον που επιθυμεί να αποκτήσει ένα μοναδικό κόσμημα.



Εικόνα 38: Κόσμημα από την εταιρία i-materialize

Οι εταιρίες παραγωγής κοσμημάτων με χρήση τεχνολογιών 3D εκτύπωσης, όπως η i-materialise και η Jweel (Jweel, 2013), χρησιμοποιούν μια online πλατφόρμα, όπου οι πελάτες τους μπορούν να δουν σχέδια κοσμημάτων, να τα επεξεργαστούν σύμφωνα με τις προσωπικές τους προτιμήσεις, ή να προτείνουν δικά τους, ενώ την ίδια στιγμή θα μπορούν να έχουν μια αρκετά ακριβή εκτίμηση της τελικής τιμής.



Εικόνα 39: Η online πλατφόρμα της Jweel

Βλέπουμε επομένως ότι ήδη έχουν γίνει αρκετά βήματα για την δημιουργία κοσμημάτων με τεχνολογίες τριδιάστατης εκτύπωσης. Το μεγάλο άλμα που απομένει να γίνει είναι αυτή η προσπάθεια να οργανωθεί και να επεκταθεί, αλλάζοντας τα δεδομένα στην αγορά της αργυροχρυσοχοΐας, προσφέροντας ποιοτικότερες υπηρεσίες, και αναδεικνύοντας ταυτόχρονα τις δυνατότητες που έχουν οι τεχνολογίες τριδιάστατης εκτύπωσης. Το σημαντικότερο όλων είναι η δημιουργία ενός συστήματος που θα ξεφεύγει από τα παραδοσιακά των προηγούμενων γενεών και με τη χρήση των σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων θα είναι σε θέση να φέρνει κοντά τους πελάτες, να τους εμπλέκει ενεργά στη διαδικασία παραγωγής, να ενισχύει την δημιουργικότητα τους, ώστε τελικά να τους παρέχει υπηρεσίες όπως ακριβώς οι ίδιοι επιθυμούν. Όταν μάλιστα αναφερόμαστε στα κοσμήματα, είναι ακόμα πιο σημαντικό να επιτευχθεί αυτή η αλληλεπίδραση μεταξύ του κατασκευαστή και του πελάτη, καθώς πρόκειται για αντικείμενα υψηλής αξίας, οικονομικής αλλά και κυρίως συναισθηματικής.

Επάνω σε αυτά τα χαρακτηριστικά, η ιδέα ενός κατανεμημένου δικτύου κοσμηματοπωλείων για την παραγωγή και πώληση εξατομικευμένων κοσμημάτων, μοναδικών για κάθε πελάτη, με αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών και ιδιαίτερα της τριδιάστατης εκτύπωσης, θα μπορούσε να ευδοκιμήσει ως μια καινοτόμα επιχειρηματική ιδέα. Αξιοποιώντας και προσαρμόζοντας όπου και όπως χρειάζεται όλα τα χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν ένα σύστημα κατανεμημένης παραγωγής, όπως παρουσιάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι δυνατό να δημιουργήσουμε ένα σύστημα που θα εκμεταλλεύεται όλο το δυναμικό των σύγχρονων τεχνολογιών και θα είναι ικανό να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των πελατών, ενσωματώνοντας τους στην διαδικασία του σχεδιασμού, ώστε τελικά να μπορεί να τους παρέχει το κόσμημα στις σωστές διαστάσεις και με τα ιδιαίτερα προσωπικά χαρακτηριστικά που ο καθένας επιθυμεί να προσδώσει.

Η παραγωγή κοσμημάτων μέσω κατανεμημένων συστημάτων τριδιάστατης εκτύπωσης είναι μια τάση που έχει αρχίσει να βρίσκει ανταπόκριση και θα συνεχίσει να αναπτύσσεται, όσο οι τεχνολογίες της 3D εκτύπωσης εξελίσσονται, γίνονται πιο προσιτές και οικονομικά αποδοτικές για το ευρύ κοινό. Τελικός στόχος βεβαίως είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση να σταματήσει να θεωρείται ένα χόμπι ή ένα προνόμιο για λίγους, να αποκτήσει πρακτική εφαρμογή στην καθημερινότητα και να προσφέρει λύσεις και επιλογές που δεν μπορούσαν να υλοποιηθούν μέχρι σήμερα.

Κεφάλαιο 9: Αξιολόγηση παραγωγής με κατανεμημένα συστήματα τριδιάστατης εκτύπωσης

Οι δυνατότητες που δίνει η τριδιάστατη εκτύπωση για την κατανεμημένη παραγωγή προϊόντων έχουν αναγνωριστεί εδώ και αρκετά χρόνια. Ωστόσο, η οικονομική πρακτικότητα ενός τέτοιου εγχειρήματος, αν και μελετάται (Wittbrodt κ.α., 2013), δεν έχει ακόμα πλήρως αποσαφηνισθεί. Έτσι, παρόλο που κάποιοι παράμετροι, όπως το κόστος του εξοπλισμού και των αναλωσίμων, το κόστος για εγκαταστάσεις, τις υποδομές (πληροφοριακά συστήματα, ηλεκτρονικές πλατφόρμες κλπ) είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθούν, δεν ισχύει το ίδιο και με τα ενεργειακά κόστη (Walls κ.α., 2014) ή τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης. Ένα επίσης σημαντικό στοιχείο είναι και ο κατάλληλος σχεδιασμός με στόχο την τρισδιάστατη εκτύπωση, με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται βέλτιστη παραγωγή (ελαχιστοποίηση κόστους, ποσότητας εκτυπώσιμου υλικού και χρόνου), λαμβάνοντας υπόψη πάντοτε τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα παρατηρείται μια σταδιακή πτώση στο κόστος αγοράς ενός οικιακού τριδιάστατου εκτυπωτή, γεγονός που δείχνει την εισχώρηση της τεχνολογίας στην καθημερινότητα μας. Έτσι, κρίνεται σκόπιμο και απαραίτητο να εξακριβωθεί το κόστος για την παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων με τριδιάστατη εκτύπωση, έτσι ώστε να διαπιστωθεί η οικονομική βιωσιμότητα της τεχνολογίας (Mourtzis κ.α., 2012).

Για τον προσδιορισμό του άμεσου κόστους παραγωγής ενός συγκεκριμένου αντικειμένου, πρέπει να ληφθούν υπόψη δύο επιμέρους στοιχεία: α) το κόστος υλικού ανά μονάδα μάζας, και β) το κόστος σε ηλεκτρική ενέργεια ανά μονάδα μάζας:

$$C_D = C_F \times m + E \times C_E \quad (1)$$

Όπου:

C_D : το άμεσο κόστος παραγωγής (σε €)

C_F : το κόστος του υλικού εκτύπωσης (σε €/kg)

m : η μάζα του προς εκτύπωση αντικειμένου (σε kg)

E : η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει ο εκτυπωτής (σε KWh)

C_E : το μοναδιαίο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (σε €/KWh)

Για τον προσδιορισμό του πρώτου σκέλους, αυτά που πρέπει να γνωρίζουμε είναι το κόστος του υλικού εκτύπωσης ανά μονάδα μάζας και η μάζα του αντικειμένου που πρόκειται να εκτυπωθεί. Σε αυτό το σημείο αξίζει να υπενθυμίσουμε το σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρει η τριδιάστατη εκτύπωση έναντι άλλων μεθόδων παραγωγής, που είναι η (σχεδόν) μηδενική απόρριψη υλικού. Έτσι είναι πολύ εύκολο να γνωρίζουμε την ακριβή ποσότητα εκτυπώσιμου υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για ένα δεδομένο αντικείμενο.

Για το δεύτερο σκέλος του άμεσου κόστους, είναι απαραίτητο να υπολογισθεί το ποσό ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται κατά για την εκτύπωση ενός αντικειμένου, η ενέργεια που «τρώει» ο εκτυπωτής για όση ώρα δουλεύει. Για το χρόνο λειτουργίας του εκτυπωτή, θεωρούμε ένα χρονικό διάστημα εκκίνησης και σεταρίσματος, και τον καθαρό χρόνο εκτύπωσης (Laplume κ.α., 2016). Ο χρόνος εκτύπωσης του αντικειμένου εξαρτάται από τη δυνατότητα του τρισδιάστατου εκτυπωτή. Για έναν εκτυπωτή τύπου Fused Deposition Modelling, η ταχύτητα εκτύπωσης καθορίζεται από το ρυθμό εναπόθεσης υλικού από το στόμιο του εκτυπωτή (build speed), το οποίο καταγράφεται σε mm³/s. Έτσι, δεδομένου του όγκου του τελικού αντικειμένου (σε mm³), μπορούμε να υπολογίσουμε το χρόνο που απαιτείται για να δημιουργηθεί:

$$T = T_s + \frac{v}{u_p} (2)$$

Όπου:

T : ο χρόνος ολοκλήρωσης της εκτύπωσης (σε sec)

T_s : ο χρόνος προετοιμασίας του μηχανήματος εκτύπωσης (σε sec)

v : ο όγκος του προς εκτύπωση αντικειμένου (σε mm³)

u_p : η ταχύτητα εκτύπωσης (σε mm³/sec)

Έχοντας υπολογίσει το χρόνο λειτουργίας του μηχανήματος, μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την ηλεκτρική ενέργεια που δαπανάται (σε KWh), πολλαπλασιάζοντας τον χρόνο αυτό με την ισχύ λειτουργίας του εκτυπωτή:

$$E = P_{input} \times T (3)$$

Όπου:

E : η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει ο εκτυπωτής (σε KWh)

P_{input} : η ισχύς λειτουργίας του εκτυπωτή (σε KW)

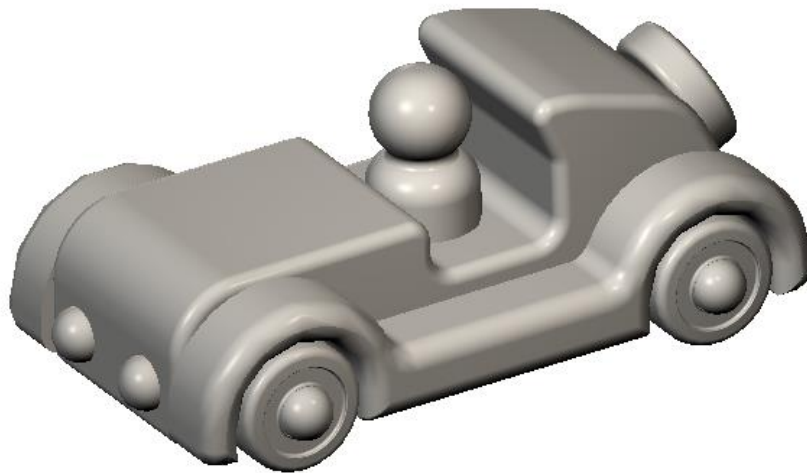
T : ο χρόνος λειτουργίας του εκτυπωτή (σε h)

Πολλαπλασιάζοντας το παραπάνω ποσό με το κόστος της κιλοβατώρας μπορούμε να βρούμε το αντίστοιχο κόστος.

Επειδή ο διαθέσιμος όγκος εκτύπωσης είναι σχετικά περιορισμένος στους οικιακούς εκτυπωτές, καθώς επίσης και ο χρόνος εκτύπωσης μπορεί να είναι μεγάλος σε διάρκεια, είναι σύνηθες να χρησιμοποιούνται διατάξεις πολλαπλών εκτυπωτών για παράλληλη εργασία, τα printing farms όπως είναι ευρέως γνωστά. Σε πολλές τέτοιες εφαρμογές

χρησιμοποιούνται εκτυπωτές χαμηλής ισχύος (από 50 ως 80 Watt), για την δημιουργία πολλαπλών αντικειμένων.

Για να διαπιστώσουμε στην πράξη το πραγματικό κόστος για την παραγωγή ενός αντικειμένου με τρισδιάστατη εκτύπωση, και συγκεκριμένα με τη μέθοδο FDM, θα εφαρμόσουμε τους παραπάνω υπολογισμούς για το εξάρτημα που απεικονίζεται παρακάτω. Το συγκεκριμένο αντικείμενο έχει σχεδιαστεί σε κάποιο πρόγραμμα CAD, με διαστάσεις 150 mm×60 mm×90mm, συνολικού όγκου 333,54 cm³.



Εικόνα 40: Αντικείμενο προς εκτύπωση

Για την εκτύπωση χρησιμοποιείται ένας συμβατικός οικιακός εκτυπωτής, ισχύος 100 Watt περίπου. Ως υλικό εκτύπωσης επιλέγεται πλαστικό ABS, με πυκνότητα 1.06 g/cm³, και τιμή αγοράς 50€/kg. Όσον αφορά τις παραμέτρους της εκτύπωσης, επιλέγεται ακροφύσιο εξώθησης διαμέτρου 0.4mm και build speed ίσο με 8mm³/sec, έτσι ώστε να πετύχουμε μια καλή σχέση ταχύτητας προς ποιότητα εκτύπωσης.

Πάμε λοιπόν να εφαρμόσουμε την μεθοδολογία υπολογισμού του κόστους που αναπτύχθηκε προηγουμένως για το αντικείμενο που απεικονίζεται παραπάνω. Από τον

τύπο (2) θα υπολογίσουμε τον χρόνο, κατά προσέγγιση, που θα χρειαστεί για την εκτύπωση του συγκεκριμένου αντικειμένου. Έτσι έχουμε:

$$T = 5 \times 3600 \text{ sec} + \frac{333540 \text{ mm}^3}{8 \frac{\text{mm}^3}{\text{sec}}} = 59693 \text{ sec} (\approx 16 \text{ hours})$$

Από το χρόνο λειτουργίας του μηχανήματος μπορούμε να υπολογίσουμε την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για το αντικείμενο που σχεδιάσαμε:

$$E = 0,1 \text{ KW} \times 16 \text{ Hours} = 1,6 \text{ KWh}$$

Για τον υπολογισμό του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας υποθέτουμε μοναδιαίο κόστος 0,20€/KWh. Το υπόλοιπο κόστος αντιστοιχεί στο υλικό που χρησιμοποιείται για να δημιουργηθεί το αντικείμενο. Συνολικά χρησιμοποιούνται 353,55 gr πλαστικού ABS, ποσότητα που αντιστοιχεί στη συνολικά μάζα του αντικειμένου.

Τελικά το συνολικό άμεσο κόστος υπολογίζεται ως εξής:

$$C_D = \frac{50\text{€}}{\text{kg}} \times 0,3535 \text{ kg} + 1,6 \text{ KWh} \times \left(\frac{0,20\text{€}}{\text{KWh}}\right) = 18\text{€}$$

Σαν πρώτη παρατήρηση μπορούμε να πούμε ότι το κόστος από τη λειτουργία ενός τριδιάστατου εκτυπωτή είναι ουσιαστικά αμελητέο, συγκρινόμενο με το κόστος του υλικού που χρησιμοποιείται, κάτι που έχει αποδειχθεί και σε προγενέστερες μελέτες. Σαφώς και ο χρόνος εκτύπωσης αποτελεί έναν ανασταλτικό παράγοντα ώστε να προτιμάται η παραγωγή με τριδιάστατη εκτύπωση, ωστόσο γίνονται συνεχώς βήματα για τη βελτίωση στον παράγοντα αυτό, ενώ υπάρχουν και εναλλακτικές λύσεις, όπως η λειτουργία printing farms.

Ένα από τα πλεονεκτήματα, όπως έχει ήδη τονιστεί, της τριδιάστατης εκτύπωσης είναι η ελευθερία που δίνει στο σχεδιασμό για την δημιουργία βέλτιστα σχεδιασμένων αντικειμένων, με στόχο την ελαχιστοποίηση του όγκου τους. Από τη στιγμή μάλιστα

που το κόστος υλικού αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα του συνολικού κόστους, μπορούμε να αντιληφθούμε ακόμα περισσότερο αυτή τη δυνατότητα. Για το αντικείμενο στο παράδειγμα μας, θα μπορούσε να προτιμηθεί ένας σχεδιασμός με εσωτερικές κοιλότητες σε διάφορα σημεία του αντικειμένου, αντί να επιλεγεί ένας συμπαγής σχεδιασμός, μειώνοντας έτσι σημαντικά την ποσότητα πλαστικού που χρειάζεται. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να επιλεγεί ένας σχεδιασμός που να χρησιμοποιεί το 30% του όγκου του αρχικού αντικειμένου, δηλαδή περίπου 100 cm³. Σε αυτή την περίπτωση και ακολουθώντας τους ίδιους υπολογισμούς που εφαρμόστηκαν προηγουμένως, καταλήγουμε σε ένα κόστος περί τα 6€, ενώ σημαντική βελτίωση παρατηρείται και στο χρόνο της εκτύπωσης (8,5 ώρες). Βεβαίως, η επιλογή για τον καταλληλότερο σχεδιασμό είναι πάντα στην αντίληψη του σχεδιαστή και εξαρτάται από την εφαρμογή στην οποία θα βρει χρήση το εκτυπωμένο αντικείμενο.

Πολλές επιχειρήσεις που προσφέρουν υπηρεσίες τριδιάστατης εκτύπωσης τείνουν να υπερκοστολογούν τα προϊόντα τους, ενσωματώνοντας επιπλέον κόστη (U.S. Department of Commerce, 2014) που αφορούν τη διαδικασία της εκτύπωσης, και συγκεκριμένα:

- Κόστος προσωπικής εργασίας: Μπορεί να περιλαμβάνει την ενασχόληση του σχεδιαστή με το αντικείμενο που πρόκειται να παραχθεί, την προετοιμασία της εκτύπωσης, καθώς και τις διαδικασίες που έπονται αυτής, όπως καθαρισμός, λείανση κλπ.
- Κόστος δέσμευσης εκτυπωτή: Αφορά τον χώρο που καταλαμβάνει το αντικείμενο προς εκτύπωση, σε σχέση με τη συνολική επιφάνεια εκτύπωσης του μηχανήματος. Γενικά κατά την τριδιάστατη εκτύπωση προτιμάται ο προγραμματισμός για την παραγωγή πολλαπλών αντικειμένων κατά τη διάρκεια μιας περιόδου λειτουργίας. Όταν κάποιο αντικείμενο καταλαμβάνει

μεγάλο όγκο και περιορίζεται αυτή η δυνατότητα, τότε είναι λογικό το κόστος να αυξάνεται.

- Κόστος απόρριψης: Αφορά τις απώλειες από τις αποτυχημένες εκτυπώσεις.
- Διοικητικά κόστη
- Κόστη για την κάλυψη των παγίων εξόδων, όπως για συντήρηση, αναλώσιμα, ενοίκια και λοιπό βοηθητικό εξοπλισμό.

Όσον αφορά τα κόστη μεταφοράς, και θεωρώντας ότι μιλάμε για ένα σύστημα τοπικής παραγωγής, θεωρούμε ότι αυτά είναι μηδενικά. Έτσι, για ένα εκτυπώσιμο αντικείμενο, το τελικό κόστος αγοράς μπορεί να εκτιμηθεί μιάμιση με δύο φορές πάνω από το άμεσο κόστος παραγωγής, όπως αυτό υπολογίστηκε με την παραπάνω μεθοδολογία. Για το αντικείμενο που σχεδιάσαμε επομένως μπορούμε να εκτιμήσουμε ένα τελικό κόστος περίπου στα 35 με 40€.

Σε κάθε περίπτωση, η τριδιάστατη εκτύπωση έχει γίνει πλέον πιο προσιτή, ενώ και τα κόστη έχουν μειωθεί σημαντικά. Η μεγάλη διείσδυση στην αγορά δίνει πολλές δυνατότητες, από απλή χρήση μέχρι επαγγελματική, καθώς και πλήθος επιλογών σχετικά με τα αναλώσιμα, δείχνοντας το δρόμο που θα ακολουθήσει τα επόμενα χρόνια ο κλάδος της παραγωγής.

Κεφάλαιο 10: Τελικά συμπεράσματα

Το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής παρουσιάζει σημαντικές ευκαιρίες, και ιδιαίτερα για την μεγάλη δυνατότητα που δίνει για παραγωγή κοντά στο σημείο της ζήτησης, με μεγαλύτερη εξειδίκευση και επικεντρώνοντας στις ατομικές ανάγκες των πελατών. Έτσι, μπορεί να αποτελέσει το όχημα για την παραγωγή εξατομικευμένων προϊόντων, να αλλάξει δραστικά ή και να καταργήσει τα μοντέλα αποθήκευσης και διαχείρισης αποθεμάτων, να βελτιώσει και να ενισχύσει την πρόσβαση και τη συμμετοχή των πελατών στην παραγωγή, με την ανάπτυξη δικτύων από μικρού μεγέθους εργοστάσια, κοντά στα σημεία της ζήτησης. Όπως φάνηκε και από την ανάλυση μας, το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής περιλαμβάνει σημαντικές κοινωνικές, οικονομικές και τεχνολογικές πτυχές, οι οποίες υποστηρίζονται από τις νέες τεχνολογικές τάσεις.

Παρότι συστήματα κατανεμημένης παραγωγής μπορεί να αναπτυχθούν με διαφορετικούς τρόπους, όπως φάνηκε και από τα παραδείγματα που εξετάσαμε, υπάρχουν κάποια βασικά χαρακτηριστικά (Srai κ.α., 2016), τα οποία διαφοροποιούν τα συστήματα αυτά από τα παραδοσιακά μοντέλα μαζικής παραγωγής, και τα οποία συνοψίζονται στα εξής:

1. Ψηφιοποίηση του σχεδιασμού και των διαδικασιών.
2. Μεταφορά της παραγωγής σε τοπικό επίπεδο, κοντά στο σημείο της ζήτησης, επιτρέποντας γρήγορη ανταπόκριση και παραγωγή.
3. Εξατομίκευση της παραγωγής, με προϊόντα προσαρμοσμένα στις ανάγκες του πελάτη.

4. Αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών, επιτρέποντας μεγαλύτερη ελευθερία στο σχεδιασμό και στοχεύοντας σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα και βιωσιμότητα.

5. Ενίσχυση της παρουσίας του τελικού χρήστη στην παραγωγική διαδικασία και εκδημοκρατισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Όπως για κάθε νέα τεχνολογία, δεν θα μπορούσαν να μην υπάρχουν ανησυχίες και ερωτηματικά για το κατά πόσο μπορεί το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής να επιτύχει τους στόχους και τις προσδοκίες που περιγράψαμε προηγουμένως. Για παράδειγμα, πρέπει να ερευνηθεί το εύρος των εφαρμογών που μπορούν να υλοποιηθούν μέσω κατανεμημένων συστημάτων. Ένα άλλο ερωτηματικό αποτελεί το κόστος ενός τέτοιου εγχειρήματος. Σημαντικά επίσης ερωτήματα προκύπτουν σχετικά με τα νέα μοντέλα που πρέπει να υιοθετηθούν και για το πώς αυτά θα μπορέσουν να αντικατοπτρίσουν τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε παραπάνω.

Αυτό που διαφαίνεται στον ορίζοντα είναι ότι το μοντέλο της κατανεμημένης παραγωγής θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στον τρόπο που τα προϊόντα παράγονται και διανέμονται. Αυτό είναι κάτι που μεγάλες εταιρίες όπως η Airbus (Molitch-Hou, 2016) και η UPS (UPS Pressroom, 2016) δείχνουν να αντιλαμβάνονται, επενδύοντας σε μεγάλα δίκτυα παραγωγής με τριδιάστατη εκτύπωση, δείχνοντας το δρόμο για τα νέα μοντέλα που πρέπει να εφαρμοστούν στο μέλλον.

Για το λόγο αυτό, υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω σχετική έρευνα, μέσα από τη μελέτη περιπτώσεων και διεξοδική διερεύνηση των επιπτώσεων μιας τέτοιας προσέγγισης, αλλά και της ωριμότητας των επιχειρήσεων και συνολικά της κοινωνίας, προκειμένου να καθοριστούν τα πλαίσια και τα καταλληλότερα μέσα, ώστε να αναπτυχθεί και να ευδοκιμήσει ένα σύστημα κατανεμημένης παραγωγής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Rauch, E., Dallinger, M., Dallasega, P. and Matt, D. T. (2015) ‘Sustainability in Manufacturing through Distributed Manufacturing Systems (DMS)’, *22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering*. Sydney, Australia, 7 - 9 April 2015. Elsevier, Procedia CIRP 29 (2015), pp. 544-549. Διαθέσιμο στο: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115005089>
[Πρόσβαση 26 Νοεμβρίου 2016]
2. Matt, D. T., Rauch, E. and Dallasega, P. (2015) ‘Trends towards Distributed Manufacturing Systems and modern forms for their design’, *9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*. Elsevier, Procedia CIRP 33 (2015), pp. 185-190. Διαθέσιμο στο: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115006770>
[Πρόσβαση 26 Νοεμβρίου 2016]
3. Mourtzis, D., Doukas, M. and Psarommatis, F. (2012). ‘A multi-criteria evaluation of centralized and decentralized production networks in a highly customer-driven environment’. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 61 (2012), pp. 427–430. Διαθέσιμο στο: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850612000376>
[Πρόσβαση 10 Φεβρουαρίου 2017]
4. Mourtzis, D., Doukas, M. and Psarommatis, F. (2012) ‘Design and planning of decentralised production networks under high product variety demand’, *45th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2012*. Athens, Greece, 16-18 May 2012. Elsevier, Procedia CIRP 3 (2012), pp. 293-298. Διαθέσιμο στο:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827112002235>

[Πρόσβαση 10 Φεβρουαρίου 2017]

5. Lima, R. M., Sousa, R. M. and Martins, P. J. (2006). 'Distributed production planning and control agent-based system.' *International Journal of Production Research*, 44(18 - 19), pp. 3693-3709. Διαθέσιμο στο:

https://www.researchgate.net/publication/228816054_18th_ICPR_paper_Distributed_Production_Planning_and_Control_Agent_Based_System [Πρόσβαση

28 Νοεμβρίου 2016]

6. Monostori, L., Váncza, J. and Kumara, S. R. T. (2006). 'Agent-Based Systems for Manufacturing'. *CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 55, Issue 2*, pp. 697-720. Διαθέσιμο στο:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1660277306000053>

[Πρόσβαση 28 Νοεμβρίου 2016]

7. Wu, D., Greer, M. J., Rosen, D. W. and Schaefer, D. (2013). 'Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art'. *Journal of Manufacturing Systems* 32, pp. 564– 579. Διαθέσιμο στο:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612513000411>

[Πρόσβαση 3 Δεκεμβρίου 2016]

8. Wu, D., Rosen, D. W., Wang, L. and Schaefer, D. (2015). 'Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation'. *Computer-Aided Design* 59, pp. 1-14. Διαθέσιμο στο:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448514001560>

[Πρόσβαση 3 Δεκεμβρίου 2016]

9. Yao, L.J., Wang, Y.L., Kong, Y.S., Cheng, X.J. and Ren, L. (2015). ‘Integrating Desktop Factory into Manufacturing Cloud: A Conceptual Model’. *International Conference on Computer Information Systems and Industrial Applications (CISIA 2015)*. Atlantis Press, Proceedings of the International Conference on Computer Information Systems and Industrial Applications, pp. 633-635. Διαθέσιμο στο: <http://www.atlantis-press.com/php/pub.php?publication=cisia-15&frame=http%3A//www.atlantis-press.com/php/paper-details.php%3Fid%3D22606> [Πρόσβαση 4 Δεκεμβρίου 2016]
10. Rauch, E., Dallasega, P. and Matt, D.T. (2016). ‘Sustainable production in emerging markets through Distributed Manufacturing Systems (DMS)’. *Journal of Cleaner Production*, 135 (2016), pp. 127-138. Διαθέσιμο στο: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616307831> [Πρόσβαση 28 Νοεμβρίου 2016]
11. Srari, J. S., Kumar, M., Graham, G., Phillips, W., Tooze, J., Ford, S., Beecher, P., Raj, B., Gregory, M., Tiwari, M. K., Ravi, B., Neely, A., Shankar, R., Charnley, F. and Tiwari, A. (2016). ‘Distributed manufacturing: scope, challenges and opportunities’. *International Journal of Production Research*, Vol. 54 (2016), Issue 23, pp. 6917-6935. Διαθέσιμο στο: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2016.1192302?journalCode=tprs20> [Πρόσβαση 28 Νοεμβρίου 2016]
12. Kubler, S., Holmström, J., Främling, K. and Turkama, P. (2016). ‘Technological Theory of Cloud Manufacturing’. Springer International Publishing, Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing,

Volume 640 of the series Studies in Computational Intelligence, pp 267-276.

Διαθέσιμο στο:

https://www.researchgate.net/publication/314173869_Technological_Theory_of_Cloud_Manufacturing [Πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2016]

13. Wu, D., Greer, M. J., Rosen, D. W. and Schaefer, D. (2013). ‘Cloud Manufacturing: Drivers, Current Status, and Future Trends’. *ASME 2013 International Manufacturing Science and Engineering Conference*. Madison, Wisconsin, USA, June 10-14, 2013. Διαθέσιμο στο:
https://www.researchgate.net/publication/234130553_Cloud_Manufacturing_Drivers_Current_Status_and_Future_Trends [Πρόσβαση 3 Δεκεμβρίου 2016]
14. Rauch, E., Seidenstricker, S., Dallasega, P. and Hämmerl, R. (2016). ‘Collaborative Cloud Manufacturing: Design of Business Model Innovations Enabled by Cyberphysical Systems in Distributed Manufacturing Systems’. *Journal of Engineering, Volume 2016 (2016)*, pp. 1-12. Διαθέσιμο στο:
<https://www.hindawi.com/journals/je/2016/1308639/> [Πρόσβαση 16 Μαρτίου 2017]
15. Durão, L. F. C. S., Christ, A., Anderl, R., Schützer, K. and Zancul, E. (2016). ‘Distributed Manufacturing of Spare Parts Based on Additive Manufacturing: Use Cases and Technical Aspects’. *49th CIRP Conference on Manufacturing Systems*. Elsevier, Factories of the Future in the digital environment - Proceedings of the 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Volume 57, 2016, pp. 704–709. Διαθέσιμο στο:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116312823>
[Πρόσβαση 20 Ιανουαρίου 2017]

16. Basmer, S., Buxbaum-Conradi, S., Krenz, P., Redlich, T., Wulfsberg, J.P. and Bruhns, F.L. (2015). ‘Open Production: Chances for Social Sustainability in Manufacturing’. *12th Global Conference on Sustainable Manufacturing*. Elsevier, Procedia CIRP 26, 2015, pp. 46 - 51. Διαθέσιμο στο:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114009159>
[Πρόσβαση 15 Μαρτίου 2017]
17. Walls, S., Corney, J. and Vasatha, G. (2014). ‘Relative energy consumption of low-cost 3D printers’. *12th International Conference of Manufacturing Research*. Southampton Solent University, 9-11 September 2014. Διαθέσιμο στο:
https://pure.strath.ac.uk/portal/files/38172286/Walls_etal_ICMR2014_relative_energy_consumption_of_low_cost_3d_printers.pdf [Πρόσβαση 20 Μαΐου 2017]
18. Wittbrodt, B., Glover, A.G., Laureto, J., Anzalone, G.C., Oppliger, D., J.L. Irwin, J.L. and Pearce, J.M. (2013). ‘Life-cycle economic analysis of distributed manufacturing with open-source 3-D printers’. *Mechatronics* 23, 2013, pp. 713–726. Διαθέσιμο στο:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957415813001153>
[Πρόσβαση 20 Μαρτίου 2017]
19. Seregini, M., Zanetti, C. and Taisch, M. (2015). ‘Development of Distributed Manufacturing Systems (DMS) concept’. *XX Summer School ‘Francesco Turco*. Naples, 16-18 September 2015. Διαθέσιμο στο:
<http://www.summerschool-aidi.it/edition>

- 2015/images/Naples2015/proceed/22_seregni.pdf [Πρόσβαση 28 Νοεμβρίου 2016]
20. Laplume, A., Anzalone, G.C. and Pearce, J.M. (2016). ‘Open source, self-replicating 3-D printer factory for small-business manufacturing’. *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies* 85, 2016, pp. 633-642. Διαθέσιμο στο: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00170-015-7970-9> [Πρόσβαση 20 Μαΐου 2017]
21. Gunasekaran, A. and Yusuf, Y.Y. (2002). ‘Agile Manufacturing: A Taxonomy of Strategic and Technological Imperatives’. *International Journal of Production Research*, 40(6), pp. 1357-1385. Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/45636998_Agile_Manufacturing_A_Taxonomy_of_Strategic_and_Technological_Imperatives [Πρόσβαση 25 Ιανουαρίου 2017]
22. Βασιλάς, Α. (2015) *Αξιολόγηση παραγωγής χρησιμοποιώντας κατακευματωμένα συστήματα 3d printing-cloud manufacturing*. (Μεταπτυχιακή εργασία). Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
23. Δουλαδέλη, Μ. (2015) *Η τρισδιάστατη εκτύπωση και η επίδρασή της στην εφοδιαστική αλυσίδα και στα Logistics: Μελέτη επίδρασης της τεχνολογίας στην εταιρεία Nike*. (Μεταπτυχιακή εργασία). Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
24. Παναγιώτου, Ι. (2014) *Ανάπτυξη εφαρμογής cloud για διαδικτυακές υπηρεσίες*. (Διπλωματική εργασία). Πανεπιστήμιο Πατρών.
25. Ηλιοπούλου, Σ. (2014) *Cloud computing*. (Διπλωματική εργασία). Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου.

26. World Economic Forum (2015). **Emerging Tech 2015: Distributed manufacturing**. Διαθέσιμο στο:
<https://www.weforum.org/agenda/2015/03/emerging-tech-2015-distributed-manufacturing/> [Πρόσβαση 10 Δεκεμβρίου 2016]
27. World Economic Forum (2015). **Emerging Tech 2015: Additive manufacturing**. Διαθέσιμο στο:
<https://www.weforum.org/agenda/2015/03/emerging-tech-2015-additive-manufacturing/> [Πρόσβαση 10 Δεκεμβρίου 2016]
28. Bella, D. (2015) ‘Distributed manufacturing: a 21st century renaissance?’, GrabCAD Blog, 12 Μαΐου. Διαθέσιμο στο:
<http://blog.grabcad.com/blog/2015/05/12/distributed-manufacturing-renaissance/> [Πρόσβαση 27 Νοεμβρίου 2016]
29. Molitch-Hou, M. (2016), ‘APWorks Leverages SAP and 3D Printing for Distributed Manufacturing Network’, *Engineering.com*, 13 Ιουλίου.
Διαθέσιμο στο:
<http://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/12635/APWorks-Leverages-SAP-and-3D-Printing-for-Distributed-Manufacturing-Network.aspx> [Πρόσβαση 27 Νοεμβρίου 2016]
30. Nesta (2016). **The Factory Everywhere: The present and future of distributed manufacturing**. Διαθέσιμο στο:
<http://www.nesta.org.uk/blog/factory-everywhere-present-and-future-distributed-manufacturing> [Πρόσβαση 28 Νοεμβρίου 2016]
31. AtFAB (2017). AtFAB. Διαθέσιμο στο: <http://atfab.co/> [Πρόσβαση 28 Νοεμβρίου 2016]

32. Medium Corporation (2016). **Distributed manufacturing: Hardware is the new startup**. Διαθέσιμο στο: <https://medium.com/@3DRacers/distributed-manufacturing-hardware-is-the-new-startup-5be6c2bc4774#.vc5j4seqs>
[Πρόσβαση 28 Νοεμβρίου 2016]
33. Gađanski, I. (2015), ‘Fab Labs as Tools for Sustainable Development’, *Center for International Relations and Sustainable Development*, 20 Νοεμβρίου.
Διαθέσιμο στο: <http://www.cirsd.org/en/blog/fab-labs-as-tools-for-sustainable-development> [Πρόσβαση 16 Δεκεμβρίου 2016]
34. P2P Foundation (2011). **Fab Labs - Business Models**. Διαθέσιμο στο: http://wiki.p2pfoundation.net/Fab_Labs_-_Business_Models [Πρόσβαση 16 Δεκεμβρίου 2016]
35. Moad, J. (2013). ‘Is Distributed Manufacturing a Model for the Future?’, *Manufacturing Leadership*, 27 Ιουνίου Διαθέσιμο στο: <http://www.gilcommunity.com/discussion/distributed-manufacturing-model-future/> [Πρόσβαση 27 Νοεμβρίου 2016]
36. Mims, C. (2013), ‘The Distributed Future of Manufacturing: Think Ikea, Minus the Furniture’, *The Atlantic*, 24 Ιουνίου. Διαθέσιμο στο: <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/06/the-distributed-future-of-manufacturing-think-ikea-minus-the-furniture/277149/> [Πρόσβαση 28 Νοεμβρίου 2016]
37. Siemens (2016). **Local Motors: Background Information**. Διαθέσιμο στο: <https://www.siemens.com/press/pool/de/events/2016/digitalfactory/2016-04-hannovermesse/background-local-motors-e.pdf> [Πρόσβαση 10 Ιανουαρίου 2017]

38. Siemens (2015). **How 3D CAD Helped Local Motors Make the World's First 3D-Printed Car**. Διαθέσιμο στο:
https://community.plm.automation.siemens.com/siemensplm/attachments/siemensplm/solid-edge-tkb/344/1/Earle_SEU15_Local%20Motors.pdf [Πρόσβαση 10 Ιανουαρίου 2017]
39. 3ders (2016). **Local Motors buys two BAAM 3D printers; set to open 100 automotive microfactories within 10 years**. Διαθέσιμο στο:
<http://www.3ders.org/articles/20160506-local-motors-buys-two-baam-3d-printers-set-to-open-100-automotive-microfactories.html> [Πρόσβαση 11 Ιανουαρίου 2017]
40. Becker, S. (2014), 'Local Motors and the Future of Vehicle Manufacturing', *The Cheat Sheet*, 9 Οκτωβρίου. Διαθέσιμο στο:
<http://www.cheatsheet.com/business/how-local-motors-is-pushing-the-evolution-of-manufacturing.html/?a=viewall> [Πρόσβαση 10 Ιανουαρίου 2017]
41. O'Marah, K and Manenti, P. (2015), 'The Internet of Things Will Make Manufacturing Smarter', *Industry Week*, 14 Αυγούστου. Διαθέσιμο στο:
<http://www.industryweek.com/manufacturing-smarter> [Πρόσβαση 6 Δεκεμβρίου 2016]
42. Loughborough University (2017). **The 7 Categories of Additive Manufacturing**. Διαθέσιμο στο:
<http://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/> [Πρόσβαση 15 Ιανουαρίου 2017]
43. Molitch-Hou, M. (2016), 'A Look at the Distributed Manufacturing Future of 3D Hubs', *Engineering.com*, 15 Σεπτεμβρίου. Διαθέσιμο στο:

<http://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/13127/A-Look-at-the-Distributed-Manufacturing-Future-of-3D-Hubs.aspx>

[Πρόσβαση 12 Δεκεμβρίου 2016]

44. Filson & Rohrbacher (2017). **AtFAB Open Source Furniture**. Διαθέσιμο στο: <http://filson-rohrbacher.com/portfolio/atifab/> [Πρόσβαση 16 Δεκεμβρίου 2016]

45. Singularity Hub (2016). **How Microfactories Can Bring Iterative Manufacturing to the Masses**. Διαθέσιμο στο: <https://singularityhub.com/2016/04/13/how-microfactories-can-bring-iterative-manufacturing-to-the-masses/> [Πρόσβαση 11 Ιανουαρίου 2017]

46. Medium Corporation (2016). **A Glimpse of Distributed Manufacturing**. Διαθέσιμο στο: <https://medium.com/@3dhubs/a-glimpse-of-distributed-manufacturing-43d383079ac4#.4w71y5mpw> [Πρόσβαση 12 Δεκεμβρίου 2016]

47. B3D (2015). **Η 3D εκτύπωση θα καταργήσει τις αποθήκες**; Διαθέσιμο στο: <http://b3d.gr/3d-printing-logistics/> [Πρόσβαση 3 Φεβρουαρίου 2017]

48. B3D (2015). **Θα αποδειχθεί στο μέλλον η 3D εκτύπωση σημαντικότερη από το διαδίκτυο?** Διαθέσιμο στο: <http://b3d.gr/3d-printing-vs-internet/> [Πρόσβαση 3 Φεβρουαρίου 2017]

49. Ishengova, F. and Mtaho, A. (2014). '3D Printing: Developing Countries Perspectives, *International Journal of Computer Applications*, Volume 104, No. 11, pp. 30-34. Διαθέσιμο στο: https://www.researchgate.net/publication/267029274_3D_Printing_Developing_Countries_Perspectives [Πρόσβαση 18 Φεβρουαρίου 2017]

50. 3D Hubs (2017). 3D Hubs. Διαθέσιμο στο: <https://www.3dhubs.com/>
[Πρόσβαση 12 Δεκεμβρίου 2016]
51. Ponoko (2017). Ponoko. Διαθέσιμο στο: <https://www.ponoko.com/>
[Πρόσβαση 9 Φεβρουαρίου 2017]
52. I.materialise (2017). I.materialise. Διαθέσιμο στο: <https://i.materialise.com/>
[Πρόσβαση 23 Φεβρουαρίου 2017]
53. Jweel (2013). Jweel. Διαθέσιμο στο: <https://www.jweel.com/> [Πρόσβαση 24
Φεβρουαρίου 2017]
54. Windham, J. (2012) 'The present and future of on-demand manufacturing',
IDSA Education Symposium, 15 August 2012, Boston. Διαθέσιμο στο:
<http://www.idsa.org/sites/default/files/Windham1.pdf> [Πρόσβαση 19
Ιανουαρίου 2017]
55. Kavadias, S., Ladas, K. and Loch, C. (2016), 'The Transformative Business
Model', *Harvard Business Review*, October 2016 Issue, pp. 90-98. Διαθέσιμο
στο: <https://hbr.org/2016/10/the-transformative-business-model> [Πρόσβαση
20 Ιανουαρίου 2017]
56. UPS Pressroom (2016). **UPS To Launch On-Demand 3D Printing
Manufacturing Network**. Διαθέσιμο στο:
[https://pressroom.ups.com/pressroom/ContentDetailsViewer.page?ConceptTy
pe=PressReleases&id=1463510444185-310](https://pressroom.ups.com/pressroom/ContentDetailsViewer.page?ConceptType=PressReleases&id=1463510444185-310) [Πρόσβαση 25 Δεκεμβρίου 2016]
57. Gartner (2015). **Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies
Identifies the Computing Innovations That Organizations Should**

- Monitor.** Διαθέσιμο στο: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>
[Πρόσβαση 11 Φεβρουαρίου 2017]
58. NewCo Swift (2016). **Local Motors: Driving Innovation with Micro-Manufacturing.** Διαθέσιμο στο: <https://shift.newco.co/local-motors-driving-innovation-with-micro-manufacturing-a6630ecd2151#.ob72ctmla> [Πρόσβαση 10 Ιανουαρίου 2017]
59. Smith, R. (2015). ‘7 Ways 3D Printing Is Already Disrupting Global Manufacturing’, *Forbes*, 29 Ιουνίου. Διαθέσιμο στο: <http://www.forbes.com/sites/ricksmith/2015/06/29/7-ways-3d-printing-is-already-disrupting-global-manufacturing/#8a8e40d158b9> [Πρόσβαση 2 Μαρτίου 2017]
60. United Nations Industrial Development Organization. (2013) *Emerging trends in global manufacturing industries*. Βιέννη: United Nations Industrial Development Organization. Ανακτήθηκε από: https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/PSD/Emerging_Trends_UNIDO_2013.PDF [Πρόσβαση 23 Φεβρουαρίου 2017]
61. International Electrotechnical Commission. (2015) *Factory of the future*. Διαθέσιμο στο: <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-futurefactory-LR-en.pdf> [Πρόσβαση 23 Φεβρουαρίου 2017]
62. Deloitte. (2015) *The future of manufacturing: Making things in a changing world*. Διαθέσιμο στο: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/za/Documents/manufacturing/ZA_Future_of_Manufacturing_2015.pdf [Πρόσβαση 24 Φεβρουαρίου 2017]

63. DHL. (2016) *3D printing and the future of supply chains*. Διαθέσιμο στο:
http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_trendreport_3dprinting.pdf [Πρόσβαση 5 Απριλίου 2017]
64. U.S. Department of Commerce. National Institute of Standards and Technology. (2014) *Costs and Cost Effectiveness of Additive Manufacturing*. Washington D.C.: U.S. Department of Commerce. Ανακτήθηκε από:
<http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1176.pdf>
[Πρόσβαση 20 Απριλίου 2017]
65. Wikipedia (2017). Διαθέσιμο στο: <https://en.wikipedia.org/>
66. Google (2017). Διαθέσιμο στο: <https://www.google.gr/>