



ΕΘΝΙΚΟ
ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ



AthensMBA



ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ – “ATHENS MBA”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Η ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Κυριακίδου Ολίβια

Συγγραφέας: Πάντος Καριοφύλλης

ΑΜ: MBA2014 – M25

Έτος Εκπόνησης: 2016

Δήλωση εκπόνησης μεταπτυχιακής εργασίας

«Δηλώνω υπεύθυνα ότι η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία για τη λήψη του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στη Διοίκηση Επιχειρήσεων, έχει συγγραφεί από εμένα προσωπικά και δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό.

Η εργασία αυτή έχοντας εκπονηθεί από εμένα, αντιπροσωπεύει τις προσωπικές μου απόψεις επί του θέματος. Οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής αναφέρονται στο σύνολό τους, δίνοντας πλήρεις αναφορές στους συγγραφείς, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο».

Ονοματεπώνυμο

Υπογραφή

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια κυρία Κυριακίδου για την ανάληψη και την επίβλεψη της διπλωματικής μου.

Ευχαριστώ επίσης θερμά την οικογένειά μου για την υποστήριξη που μου προσφέρει σε κάθε στιγμή της ζωής μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Λένα μου για την βοήθεια που μου προσέφερε και κυρίως διότι έκανε τη διαδικασία εκπόνησης της εργασίας ευχάριστη.

Πίνακας Περιεχομένων

Δήλωση εκπόνησης μεταπτυχιακής εργασίας	2
Ευχαριστίες	3
Πίνακας Σχεδίων.....	6
Σύνοψη Διατριβής	7
Diatribе Summary.....	9
1. Επισκόπηση τρισδιάστατης εκτύπωσης	10
1.1. Τι είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση – ορισμός	10
1.2. Η ανακάλυψη της τρισδιάστατης εκτύπωσης	11
1.3. Τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης	11
1.4. Τρισδιάστατη μοντελοποίηση	13
1.5. Υλικά που χρησιμοποιούνται για τρισδιάστατη εκτύπωση	15
1.6. Εξέλιξη Υλικών.....	17
1.7. Η διαφορά με την παραδοσιακή παραγωγή.....	17
2. Κλάδοι εφαρμογής τρισδιάστατης εκτύπωσης	20
2.1. Υγεία	20
2.2. Ηλεκτρονικά	23
2.3. Καταναλωτικά αγαθά.....	24
2.4. Αεροδιαστημική τεχνολογία.....	26
2.5. Αυτοκινητοβιομηχανία.....	28
2.6. Κατασκευή και Αρχιτεκτονική	29
2.7. Πολεμική τεχνολογία.....	31
2.8. Εκπαίδευση	32
3. Τάσεις που ωθούν την τρισδιάστατη εκτύπωση	33
3.1. Το κίνημα ανοιχτού κώδικα (open-source movement)	33
3.2. Οι επενδύσεις του λαού του διαδικτύου (crowd funding - crowd sourcing)	34
3.3. Κουλτούρα: «Φτιάξε το μόνος σου»	35
3.4. Οικονομία διαμοιρασμού (sharing economy)	36
3.5. Η γενιά των «Millennials»	36
3.6. Λήξη διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας.....	37
4. Ανάλυση τρισδιάστατης εκτύπωσης.....	38
4.1. Πλεονεκτήματα τρισδιάστατης εκτύπωσης.....	38
4.2. Εμπόδια στον κλάδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης	40
4.3. Κριτική	41
4.4. Βαθμός ετοιμότητας τεχνολογίας	42
4.5. Κύκλος Gartner (Gartner's Hype Cycle)	43
4.6. Λόγοι υιοθέτησης τρισδιάστατης εκτύπωσης	45
5. Ανάλυση αγοράς	47
5.1. Οικονομικά μεγέθη	47
5.2. Πωλήσεις τρισδιάστατων εκτυπωτών	49
5.3. Από που προέρχονται τα έσοδα	52
5.4. Ανάπτυξη κλάδου	53
5.5. Ανταγωνισμός μεταξύ των εταιρειών	54
5.6. Εταιρείες πωλήσεων εκτυπωτών και υπηρεσιών τρισδιάστατης εκτύπωσης ...	54

5.7. Διαδικτυακές κοινότητες και αγορές (communities-marketplaces).....	55
6. Η επίδραση της τρισδιάστατης εκτύπωσης.....	57
6.1. Πρόκειται σίγουρα περί επαναστατικής τεχνολογίας	57
6.2. Ο εκδημοκρατισμός της παραγωγής.....	58
6.3. Η τρισδιάστατη εκτύπωση εισβάλλει στο σπίτι μας	58
6.4. Επαναπροσδιορίζοντας τις παραγωγικές διαδικασίες	59
6.5. Επικείμενος αντίκτυπος στην εμπορική παραγωγή	60
6.6. Προσωποποιημένη παραγωγή	61
6.7. Μεταφορές και εφοδιασμός (Logistics)	63
6.8. Θέσεις εργασίας	65
7. Νομικός αντίκτυπος.....	67
7.1. Η εποχή της ψηφιοποίησης	67
7.2. Το παράδειγμα της μουσικής βιομηχανίας	67
7.3. Νομικά προβλήματα	68
7.4. Το νομικό πρόβλημα της επισκευής	69
8. Το μέλλον της τρισδιάστατης εκτύπωσης	70
8.1. Εκτιμήσεις για το μέλλον	70
8.2. Πώς η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να φέρει επανάσταση στα καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα	70
8.3. Στρατηγική βιωσιμότητας.....	74
8.4. Πως θα κινηθεί η τρισδιάστατη τεχνολογία στο μέλλον	75
8.5. Τεχνολογικές εξελίξεις στον ορίζοντα	75
9. Συμπεράσματα	78
Πηγές.....	79

Πίνακας Σχημάτων

Α/Α	ΣΧΗΜΑ	ΣΕΛΙΔΑ
1	Ποσοστά χρήσης υλικών	15
2	Ποσοστά ζήτησης υλικών	16
3	Κόστος ανά μονάδα παραγωγής τρισδιάστατης εκτύπωσης σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής	19
4	Πλήθος FabLabs ανά τον κόσμο	36
5	Επίπεδο κατασκευαστικής ικανότητας τεχνολογίας	43
6	Κύκλος Gartner - Αναδυόμενες τεχνολογίες το 2012	44
7	Κύκλος Gartner - Αναδυόμενες τεχνολογίες το 2013	44
8	S curve για υιοθέτηση τεχνολογίας	45
9	Λόγοι υιοθέτησης τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης	46
10	Παγκόσμιο μέγεθος αγοράς τρισδιάστατης εκτύπωσης	47
11	Ποσοστά χρηστών μεθόδων τρισδιάστατης εκτύπωσης ανά κλάδο	48
12	Τομείς στους οποίους χρησιμοποιείται τρισδιάστατη εκτύπωση	48
13	Ποσοστά ανά χώρα χρησιμοποίησης μεθόδων τρισδιάστατης εκτύπωσης για βιομηχανικούς σκοπούς	49
14	Πωλήσεις εκτυπωτών αξίας κάτω από 5000\$	50
15	Πωλήσεις επαγγελματικών εκτυπωτών	50
16	Ποσοστό εσόδων εκτυπωτών χαμηλού κόστους σε σύγκριση με τους επαγγελματικούς	51
17	Πωλήσεις εκτυπωτών για επαγγελματική χρήση που κατασκευάζουν μεταλλικά αντικείμενα	52
18	Πηγές εσόδων	52
19	Η εξέλιξη του τρόπου παραγωγής	62
20	Σύστημα διανομής της Amazon	64

Σύνοψη Διατριβής

Η τρισδιάστατη εκτύπωση όσο και αν ακούγεται παράξενο δεν είναι νέα τεχνολογική εξέλιξη. Η ανάπτυξη της όμως, υπήρξε ιδιαίτερα αργή.

Τα τελευταία χρόνια ακολουθεί ταχύτερους ρυθμούς εξέλιξης, με προοπτικές που μέχρι πρότινος θα θύμιζαν ταινία επιστημονικής φαντασίας.

Πλέον θεωρείται πρόδρομος μιας νέας βιομηχανικής επανάστασης και υπόσχεται ριζικές αλλαγές τόσο στον τρόπο παραγωγής όσο και στον τρόπο ζωής μας. Χάρη στην τρισδιάστατη εκτύπωση περιορίζεται η αποθεματοποίηση, δημιουργούνται νέα εξατομικευμένα προϊόντα και σε ευρύτερο επίπεδο περιορίζεται η μόλυνση και η εκμετάλλευση του περιβάλλοντος.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση του επικείμενου αντίκτυπου που ενδέχεται να έχει η συνεχής διεύρυνση της εφαρμογής τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Γίνεται ανάλυση των τεχνικών της τεχνολογίας και των υλικών που χρησιμοποιούνται. Παρουσιάζονται οι κλάδοι στους οποίους εφαρμόζεται (υγεία, ηλεκτρονικά, καταναλωτικά αγαθά, αεροδιαστημική τεχνολογία, αυτοκινητοβιομηχανία, κατασκευή, αρχιτεκτονική, πολεμική τεχνολογία, εκπαίδευση) και περιγράφονται παραδείγματα εφαρμογής με στόχο την ανάδειξη των δυνατοτήτων της τεχνολογίας.

Έπειτα, αναφέρονται οι τάσεις που ωθούν τη διεύρυνση της χρήσης των τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης και γίνεται ανάλυση της αγοράς. Διερευνάται το πως θα επηρεάσει η διεξόδυση της στην καθημερινή ζωή, τη συμπεριφορά του καταναλωτή, αλλά και την οικονομική πραγματικότητα.

Όπως είναι αναμενόμενο η ραγδαία εξέλιξη μίας τέτοιας επαναστατικής τεχνολογίας δε θα έχει αντίκτυπο μονάχα στην εμπορική παραγωγή. Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια επανάσταση και όπως σε όλες τις επαναστάσεις, οι επιπτώσεις είναι ευρείες και βαθιές. Γίνεται λόγος για τις ανάγκες προσαρμογής της αγοράς σε όλα τα επίπεδα προκειμένου να αφομοιωθούν όσο το δυνατόν ομαλότερα οι επερχόμενες αλλαγές.

Υπάρχουν πτυχές της τρισδιάστατης εκτύπωσης που μπορούν να επηρεάσουν το ισχύον Νομικό πλαίσιο. Για το λόγο αυτό παρουσιάζονται τα επικείμενα νομικά προβλήματα και καταγράφονται ορισμένες ανησυχίες και προβληματισμοί.

Ακολουθεί η εκτίμηση για το μέλλον των επιχειρήσεων και για τον τρόπο με τον οποίο η τρισδιάστατη εκτύπωση πρόκειται να επηρεάσει τα επιχειρηματικά μοντέλα. Προβλέπεται ότι θα ανθίσουν νεοφυείς ευκίνητες επιχειρήσεις με καινοτόμες ιδέες που θα διαθέτουν τα μέσα για την ταχεία κλιμάκωση της παραγωγής με σχετικά

μικρή επένδυση αρχικού κεφαλαίου. Εν κατακλείδι, γίνεται ανάλυση και αναφορά στις μελλοντικές τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αναλύονται τα συμπεράσματα. Είναι πλέον βέβαιο ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση πρόκειται να μεταλλάξει ριζικά την παραγωγική βιομηχανία.

Diatribes Summary

Although it may sound strange, 3D printing is not a new technological invention. But its development, has been very slow.

In recent years, it is following rapid development pace, with perspectives that previously would remind science fiction film.

Now it is considered to be the precursor of a new industrial revolution and promises radical changes both in production and in our lifestyle. Thanks to the three-dimensional printing inventory needs are reduced, new personalized products are created and the pollution and exploitation of the environment are limited.

The aim of this thesis is to investigate the imminent impact of the implementation of 3D printing technologies.

The techniques and the materials that are used in this technology are analysed. Sectors where 3D printing is applied (Medical, electronics, consumer products, aerospace, motor vehicles, construction, architecture, military, academic institutions) are presented and examples of application are described, so that the capabilities of this technology can be understood.

The trends that drive the expanded use of three-dimensional printing technologies are mentioned and afterwards the market is being analysed. It is investigated how the penetration of 3D printing may affect everyday life, consumer behaviour, and the economy.

As expected, the rapid development of such disruptive technology will not have impact only in commercial production. Three-dimensional printing is a revolution, so the implications will be broad and deep. Market adjustment is needed in order to assimilate upcoming changes as smoothly as possible.

There are aspects of three-dimensional printing, which can affect the existing legal framework. Therefore, upcoming legal problems are presented and some concerns and questions are mentioned.

Below is the estimate of how the three-dimensional printing will affect the business models. It is estimated that 3d printing will help startups and agile enterprises with innovative ideas. In addition, there is an analysis and a report on future technological developments.

The conclusion is that the three-dimensional printing will disrupt manufacturing.

1. Επισκόπηση τρισδιάστατης εκτύπωσης

1.1. Τι είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση – ορισμός

Ο όρος «προσθετική κατασκευή» (Additive Manufacturing) αναφέρεται σε ένα σύνολο τεχνολογιών που βοηθούν να κατασκευάσουμε φυσικά αντικείμενα άμεσα από ένα τρισδιάστατο σχέδιο στον υπολογιστή (Computer Aided Design - CAD). Η προσθετική κατασκευή χρησιμοποιεί υλικά σε οποιαδήποτε μορφή είτε υγρή είτε στερεή και τα εναποθέτει με επάλληλες στρώσεις έτσι ώστε να σχηματιστεί το επιθυμητό προϊόν το οποίο θα χρειάζεται λίγη ή καθόλου μετεπεξεργασία. Η «ASTM International»,ο παγκόσμιος οργανισμός τυποποίησης το 2012 όρισε την προσθετική παραγωγή ως τη διαδικασία που ενώνει υλικά για να κατασκευάσει αντικείμενα από δεδομένα που προέρχονται από τρισδιάστατα μοντέλα, συνήθως στρώση πάνω από στρώση, αντίθετα με τις παραγωγικές μεθόδους που αφαιρούν υλικό όπως τα παραδοσιακά μηχανουργεία.

Από τη στιγμή της ανακάλυψης της μεθόδου που βασίζεται στην εναπόθεση επάλληλων στρώσεων για τη δημιουργία τρισδιάστατων αντικειμένων, ένα μεγάλο πλήθος ορολογίας έχει προκύψει στην προσπάθεια ορθότερης περιγραφής της διαδικασίας. Όμως τον τελευταίο καιρό, λόγω της πρωτοποριακής φύσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας και της έλλειψης υφιστάμενης τυποποίησης, προέκυψαν κάποιες παρανοήσεις αλλά και λάθος χρήση της ορολογίας που την περιγράφει.

Ο όρος «ταχεία προτυποποίηση» (Rapid Prototyping) έδειχνε στην αρχή να είναι μια πλήρης περιγραφή της τεχνολογίας καθώς βρισκόταν ακόμα σε πρώιμο στάδιο εξέλιξης. Όμως καθώς προέκυψε σημαντική πρόοδος που οδήγησε την τεχνολογία αυτή να χρησιμοποιείται και σε διαφορετικούς τομείς από την προτυποποίηση, από τη δεκαετία του 1990 άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως ο όρος «Τρισδιάστατη Εκτύπωση» (3D Printing) ο οποίος και επικράτησε. Ο όρος αυτός βέβαια αναφερόταν περισσότερο σε χαμηλού κόστους οικιακούς τρισδιάστατους εκτυπωτές και σε μερικά μεγαλύτερα εμπορικά συστήματα τρισδιάστατης εκτύπωσης που για την κατασκευή αντικειμένων χρησιμοποιούν υλικό το οποίο τοποθετούν με ακροφύσιο, με εκτυπωτική κεφαλή (printhead) ή οποιαδήποτε άλλη μέθοδο εκτύπωσης . Ο όρος «προσθετική κατασκευή» προέκυψε αργότερα και δείχνει να καταφέρνει να περιγράφει πιο σωστά την τεχνολογία στο σύνολό της. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται περισσότερο στην τεχνολογία αιχμής που χρησιμοποιείται για βιομηχανικούς σκοπούς, για επαγγελματικό εξοπλισμό και για επαγγελματικές εφαρμογές. Σε γενικές γραμμές πάντως οι όροι «τρειςδιάστατη εκτύπωση» και «προσθετική κατασκευή» θεωρούνται συνώνυμοι.

Άλλοι όροι οι οποίοι έχουν χρησιμοποιηθεί είναι το «ηλεκτρονική κατασκευή» (E-Manufacturing), «Ελεύθερη Παραγωγή» (Freedom Fabrication), «Προσθετική Στρώση Κατασκευής» (Additive Layer Manufacturing), «Γρήγορη Κατασκευή» (Rapid Manufacturing), «Εποικοδομητική Κατασκευή» (Constructive Manufacturing), «Άμεση Ψηφιακή Κατασκευή» (Direct Digital Manufacture), «Προσθετική Παραγωγή» (Additive Fabrication).

Στην παρούσα διπλωματική θα χρησιμοποιούνται οι όροι τρισδιάστατη εκτύπωση και προσθετική κατασκευή.

1.2. Η ανακάλυψη της τρισδιάστατης εκτύπωσης

Η τρισδιάστατη εκτύπωση, όπως πολλές άλλες καινοτόμες τεχνολογίες, προέκυψε από την ανακάλυψη των υπολογιστών. Τα πρώτα πειράματα ξεκίνησαν ήδη από τη δεκαετία του 1960 χρησιμοποιώντας λέιζερ και φωτοπολυμερή αλλά μέχρι την εξέλιξη των τεχνολογιών σχεδιασμού με υπολογιστή (computer aided design - (CAD)), λέιζερ και ελεγκτών (controllers) δεν είχε σημειωθεί κάποια σημαντική πρόοδος. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και στις αρχές της δεκαετίας του 1980, ερευνητικά ιδρύματα και εταιρείες τεχνολογίας στις ΗΠΑ, τη Δανία, τη Γαλλία και την Ιαπωνία απέκτησαν μια σειρά από διπλώματα ευρεσιτεχνίας για την παραγωγή στερεών μοντέλων χρησιμοποιώντας λέιζερ. Ωστόσο, κανένα από αυτά τα ιδρύματα ή επιχειρήσεις δεν είχαν σκοπό την πώληση συστημάτων εκτύπωσης. Είτε δεν κατάφεραν να κατασκευάσουν συστήματα τα οποία να ήταν λειτουργικά ή απλά προσπάθησαν να εμπορευματοποιήσουν την τεχνική μόνο σαν υπηρεσία και όχι σαν εμπόρευμα κάτι το οποίο εκείνη την περίοδο δεν απέδωσε καρπούς (Wohlers & Gornet, 2013).

Ο πρώτος εκτυπωτής κατασκευάστηκε από τον Αμερικανό μηχανικό Chuck Hull το 1984, ο οποίος μελετούσε τα πολυμερή, πλαστικά τα οποία μπορούν να αποκτήσουν την απαιτούμενη σκληρότητα με τη χρήση του φωτός. Του ήρθε η ιδέα να κατασκευάσει μία μηχανή που θα επέτρεπε στο χρήστη να σκληρύνει λεπτά στρώματα πλαστικού το ένα πάνω από το άλλο, σταδιακά, φτιάχνοντας το επιθυμητό αντικείμενο.

1.3. Τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης

Ο Chuck Hull ονόμασε αυτή τη μέθοδο κατασκευαστική στερεολιθογραφία (manufacturing stereolithography), κατέθεσε αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας στις ΗΠΑ για τη συσκευή και την τεχνολογία, το οποίο του χορηγήθηκε δύο χρόνια αργότερα. Η στερεολιθογραφία (SLA) είναι «μια διαδικασία που στερεοποιεί λεπτά στρώματα υπεριώδους (UV) φωτοευαίσθητου υγρού πολυμερούς χρησιμοποιώντας λέιζερ» (Wohlers & Gornet, 2013). Ο Hull εκείνη την περίοδο εργαζόταν ως

αντιπρόεδρος της εταιρείας UVP, Inc στο San Gabriel, της Καλιφόρνια. Μόλις πήρε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, εγκατέλειψε την εργασία του και συν-ίδρυσε τη 3D Systems Corp το 1986 (Wohlens & Gornet, 2013). Το 1986 ξεκίνησε επίσημα τις πωλήσεις των συσκευών στερεολιθογραφίας και έγινε η πρώτη εταιρεία που πούλησε εμπορικούς τρισδιάστατους εκτυπωτές. Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει εξαιρετική ακρίβεια αφού εναποθέτει στρώματα πάχους ενός μικρομέτρου ($1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$). Ένα άλλο πλεονέκτημα της είναι η ικανοποιητική ταχύτητα παραγωγής αντικειμένων. Ο χρόνος της παραγωγής εξαρτάται από το μέγεθος και την πολυπλοκότητα, από λίγες ώρες έως περισσότερο από μια ημέρα. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι μια καλή επιλογή για να κατασκευαστούν πρωτότυπα για οπτικοποίηση του σχεδίου και καλλιτεχνικά πρότυπα, αλλά το φωτοπολυμερές που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη είναι εύθραυστο, ακριβό και δύσκολα ανακυκλώσιμο υλικό (Drummond, 2013).

Η «Fused Deposition Modelling» (FDM) ήταν μία άλλη κρίσιμη τρισδιάστατη τεχνολογία εκτύπωσης, κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από τον S. Scott Crump το 1989. Η FDM συμπιέζει γραμμές ανακυκλώσιμων λιωμένων θερμοπλαστικών υλικών μέσα από ένα λεπτό ακροφύσιο επάνω σε μια επιφάνεια εργασίας, (Drummond, 2013). Ο Crump ο οποίος ήταν τότε συνιδρυτής της εταιρείας IDEA Inc έθεσε στο εμπόριο αυτήν την τεχνολογία με τη σύζυγό του το 1990 με την ίδρυση της εταιρείας Stratasys Ltd. Η FDM έχει γίνει πλέον η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης. Η συσκευή FDM ξετυλίγει ένα πλαστικό νήμα που προμηθεύει το υλικό με ένα ακροφύσιο εξώθησης. Το θερμαινόμενο ακροφύσιο τήκει διαφορετικά υλικά και ρυθμίζει τη ροή προώθησης του υλικού το οποίο παγώνει αμέσως για να σχηματιστεί ένα στερεό σώμα. Το ακροφύσιο κινείται σε ένα τραπέζι όπου γίνεται η εκτύπωση. Αυτή η διαδικασία είναι αρκετά καλή για το γραφείο και γρήγορη για μικρά κομμάτια μερικών κυβικών εκατοστών ή με μακρόστενη γεωμετρία, ωστόσο, είναι πολύ αργή για κομμάτια με μεγάλες διατομές. Η FDM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αεροδιαστημικές και αεροπορικές εφαρμογές αλλά και την ιατρική μηχανική ιστών.

Η Selective Laser Sintering (SLS) είναι μία μέθοδος εκτύπωσης που χρησιμοποιεί λέιζερ για να πυρνώσει και να συσσωματώσει κονιορτοποιημένα υλικά με σκοπό την κατασκευή στερεών προϊόντων. Ήταν κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από δύο επιστήμονες του Πανεπιστημίου του Τέξας στο Όστιν, το 1987. Είχαν εμπλακεί στην ίδρυση εταιρείας με την επωνυμία DTM για να παράγουν SLS μηχανήματα η οποία εξαγοράστηκε από τη 3D Systems το 2001. (Lou & Grosvenor, 2012). Η SLS είναι μια λιγότερο δαπανηρή τεχνολογία που χρησιμοποιεί

μια σειρά από πλαστικά και μέταλλα και παράγει λειτουργικά μέρη. Τα υλικά της SLS μεταξύ άλλων μπορεί να είναι νάιλον, γυαλί, κεραμικά, χάλυβας, τιτάνιο, αλουμίνιο ακόμα και ασήμι. Σε αντίθεση με τη SLA και τη FDM, η SLS δεν χρειάζεται δομές στήριξης επειδή το παραγόμενο αντικείμενο περιβάλλεται από σκόνη υλικού σε όλη τη διαδικασία κατασκευής. Ωστόσο, η συσκευή SLS είναι πιο περίπλοκη και δεν μπορεί να πετύχει την ίδια ακρίβεια σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες. Ακόμα, αυτή η μέθοδος μπορεί να παράγει πολύπλοκες γεωμετρίες με ιδιότητες πολύ κοντά σε εκείνες των πρώτων υλών. Αυτή η τεχνολογία εφαρμόζεται συχνά στα πεδία της αεροδιαστημικής και ιατρικών υπηρεσιών.

Μια νέα τεχνολογία, που ονομάστηκε τρισδιάστατη εκτύπωση (3DP) αναπτύχθηκε στο MIT το 1993 και διατέθηκε στο εμπόριο από τη Z Corporation η οποία αποκτήθηκε και αυτή από τη 3D Systems το 2012. (Wohlers, 2011). Η συσκευή 3DP έχει μία κεφαλή (inkjet) παρόμοια με αυτή των παραδοσιακών δισδιάστατων εκτυπωτών που εναποθέτει επιλεκτικά συνδετικό υγρό. Όταν το δύο διαστάσεων μοντέλο έχει σχηματιστεί, ένα άλλο στρώμα απλώνεται κατά μήκος του πάνω τμήματος του μοντέλου και η διαδικασία επαναλαμβάνεται (Layer by layer). Η 3DP έχει το πλεονέκτημα της γρήγορης κατασκευής προϊόντων, έχει χαμηλό κόστος πρώτων υλών και τη δυνατότητα παραγωγής προϊόντων σε οποιοδήποτε χρώμα, καθιστώντας τη μέθοδο αυτή κυρίαρχη στο βιομηχανικό σχεδιασμό, την επιστημονική απεικόνιση και στις αρχιτεκτονικές εφαρμογές μοντελοποίησης. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με την ανάλυση και το φινίρισμα της εξωτερικής επιφάνειας του τελικού προϊόντος αλλά και τη διαθεσιμότητα πρώτων υλών. Τα παραγόμενα μέρη είναι εύθραυστα και πρέπει να τους τοποθετηθεί κόλλα πριν τη χρήση.

Με την ανάπτυξη της βιομηχανίας προσθετικής κατασκευής, περισσότερες νέες ή αναθεωρημένες μέθοδοι τρισδιάστατης εκτύπωσης έχουν προκύψει, για παράδειγμα, τα συστήματα που βασίζονται σε τεχνολογία inkjet, όπως η Direct Metal Laser Sintering (DMLS), η Laminated Object Manufacturing (LOM), η Laser Powder Forming (LPF) και άλλες. Όμως, οι τέσσερις τεχνολογίες που αναλύθηκαν πιο πάνω δηλαδή η SLA, η FDM, η SLS και η 3DP παραμένουν οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες και βελτιώνονται με σταθερούς ρυθμούς. (Krabeepetcharat, 2012).

1.4. Τρισδιάστατη μοντελοποίηση

Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και η οπτικοποίηση διαδραματίζουν πλέον καίριο ρόλο στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης ενός προϊόντος. Ωστόσο, κατά το παρελθόν, τα λογισμικά ήταν συχνά ακριβά και απαιτούσαν εξαιρετικά ισχυρούς υπολογιστές,

καθιστώντας την ιδιωτική χρήση ανέφικτη. Σήμερα αυτό έχει αλλάξει. Τώρα, οι περισσότεροι υπολογιστές στο σπίτι μπορούν να τρέξουν μερικά από τα πιο εξελιγμένα λογισμικά του κόσμου, όπως το Creo ή το SolidWorks. Επιπλέον, υπάρχει ποικιλία ελεύθερων ή χαμηλού κόστους εργαλείων μοντελοποίησης, όπως το 3DTin, το SketchUp και το Blender, που έχουν ισχυρές δυνατότητες σχεδιασμού, αλλά είναι και αρκετά απλά έτσι ώστε να μπορεί οποιοσδήποτε να τα χρησιμοποιεί. Για κάτι ακόμα πιο απλό, υπάρχει το Tinkercad, το οποίο είναι δωρεάν και με αυτό μπορούν οι απλοί χρήστες να μάθουν τα βασικά της 3D μοντελοποίησης.

Παρακάμπτοντας την προσπάθεια μοντελοποίησης στο σύνολό της, υπάρχει διαθέσιμη μια σειρά από προσιτούς 3D σαρωτές επιτρέποντας σε φυσικά αντικείμενα να ψηφιοποιούνται, να τροποποιούνται (εντός ορίων) και να αναπαράγονται απευθείας από ένα 3D εκτυπωτή.

Είναι ενδιαφέρον ότι, πολλά λογισμικά κάνουν ασαφή τα όρια μεταξύ σάρωσης και μοντελοποίησης. Αυτοματοποιώντας μεγάλο μέρος της δουλειάς που χρειάζεται για τρισδιάστατη μοντελοποίηση, επιτρέπουν σχεδόν σε οποιονδήποτε να δημιουργήσει γρήγορα εξελιγμένα τρισδιάστατα μοντέλα.

Πιο πρόσφατα, η Autodesk ξεκίνησε μια υπηρεσία σύννεφο (cloud) που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν τρισδιάστατα μοντέλα με μερικά κτυπήματα στο iPad τους ή ανεβάζοντας φωτογραφίες ενός αντικειμένου από πολλαπλές γωνίες.

Ένα άλλο παράδειγμα του «εκδημοκρατισμού» του σχεδιασμού έρχεται από το λογισμικό τρισδιάστατης τεχνολογίας House Digital Forming, το οποίο επιτρέπει στις εταιρείες να μοιράζονται το σχεδιασμό του προϊόντος με τους πελάτες τους. Το λογισμικό επιτρέπει στους καταναλωτές, έως ένα βαθμό, να τροποποιούν τις διαστάσεις του επιθυμητού προϊόντος. Οι καταναλωτές μπορούν να προσαρμόσουν το σχήμα, το σχεδιασμό των χώρων, το χρώμα και τα υλικά.

Αν και τρισδιάστατη εκτύπωση κάνει κάποιους να εστιάζουν περισσότερο στο τελικό αποτέλεσμα και τα αντικείμενα που παράγονται, ένα βασικό μέρος της μαγείας της είναι τα λογισμικά. Η Formlabs έκανε την ευκολία χρήσης του λογισμικού της, ακρογωνιαίο λίθο του εξελιγμένου 3D εκτυπωτή του.

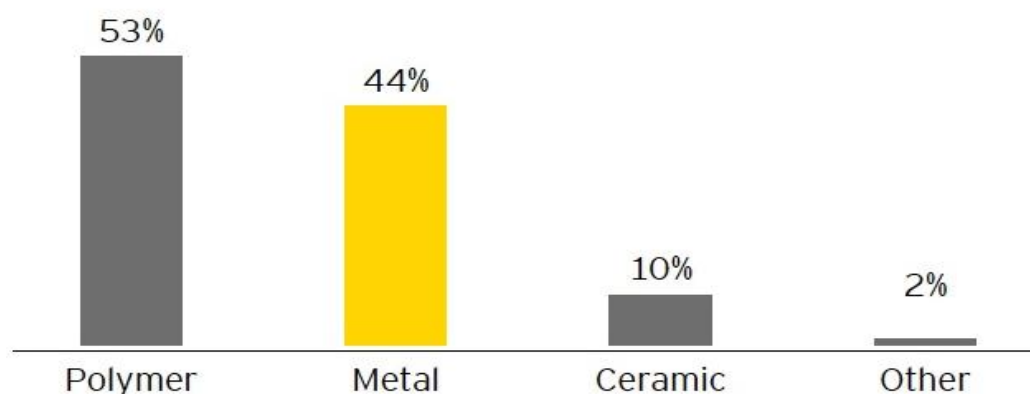
Η εταιρία Musculographics Inc. διαθέτει στο εμπόριο λογισμικά που εξετάζουν τη γεωμετρία του μοντέλου και αναλύουν τη δυνατότητα κίνησης των αρθρώσεων και εξασφαλίζουν την αποφυγή συγκρούσεων και τριβών μεταξύ τους. Έτσι γίνεται εφικτή η κατασκευή πρόσθετων μελών που θα είναι τροποποιημένα για να ταιριάζουν απόλυτα με τις ανάγκες των ανθρώπων που το έχουν ανάγκη. Η τρισδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει στη συνέχεια σε ολόκληρο το μοντέλο,

συμπεριλαμβανομένων των αρμών και των κινούμενων μερών του, να υλοποιηθεί με το πάτημα του κουμπιού της εκτύπωσης.

1.5. Υλικά που χρησιμοποιούνται για τρισδιάστατη εκτύπωση

Υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης μιας πολύ μεγάλης ποικιλίας πρώτων υλών στη προσθετική κατασκευή. Η κάθε τεχνολογική μέθοδος τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να χρησιμοποιήσει διαφορετικά υλικά από τις άλλες και σε πολλές περιπτώσεις κάθε μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιήσει πολλά είδη πρώτων υλών ταυτόχρονα. Πιο συγκεκριμένα κάποια από τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι: πλαστικά, μέταλλα, κεραμικά, χαρτί, κερί, γυαλί, βιοϊατρικά υλικά, κάρμπον, άμμος και άλλα.

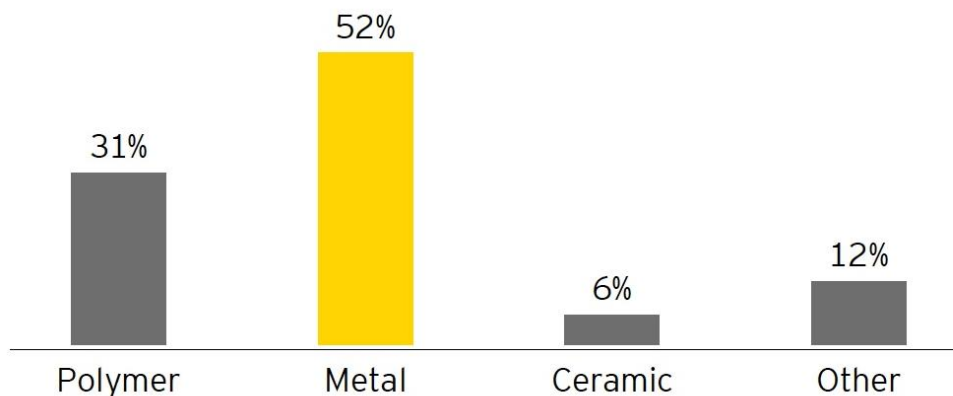
Έως σήμερα το υλικό που χρησιμοποιείται σε μεγαλύτερο ποσοστό στη βιομηχανική και την οικιακή χρήση για τρισδιάστατη εκτύπωση είναι το πλαστικό. Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την EY's Global 3d printing, όπως φαίνεται στο σχήμα 1, για βιομηχανική χρήση χρησιμοποιείται πλαστικό σε ποσοστό 53%. Πλέον οι επιχειρήσεις έχουν αποκτήσει τεχνογνωσία στη χρήση μετάλλων για την τρισδιάστατη εκτύπωση και τα χρησιμοποιούν σε ποσοστό 44%. Οι επιχειρήσεις τα επιλέγουν για να κατασκευάσουν κυρίως αντικείμενα από πολύτιμα μέταλλα όπως τιτάνιο, ανοξείδωτο ασάλι και κράματα αλουμινίου. Επιπλέον σύμφωνα με την έρευνα το 52% των επιχειρήσεων θεωρούν απαραίτητη τη δυνατότητα τρισδιάστατης εκτύπωσης με χρήση μετάλλου πριν την υιοθέτηση της τεχνολογίας.



Σχήμα 1: Ποσοστά χρήσης υλικών

Πηγή: EY global 3DP study 2016

Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μελέτη, όσον αφορά τη ζήτηση πρώτων υλών, εκτός από πλαστικά και μέταλλα που βρίσκονται στην κορυφή, υπάρχει ζήτηση για υλικά που έχουν σχέση με τη φαρμακευτική, τα φαγητά, την κατασκευή κτιρίων και τα υφάσματα όπως φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2: Ποσοστά ζήτησης υλικών

Πηγή: EY global 3DP study 2016

Παρόλα αυτά, η τιμή των υλικών είναι ένα σημαντικό εμπόδιο για την 3D εκτύπωση. Για παράδειγμα, το κόστος της πλαστικής ύλης που χρησιμοποιείται κυμαίνεται από 60\$ έως \$ 425 / κιλό, ενώ η ισοδύναμη ποσότητα του υλικού που χρησιμοποιείται στην παραδοσιακή χύτευση με έγχυση είναι μόνο 2.40\$ έως 3.30\$. Αν και το υψηλότερο κόστος δεν αποτελεί πρόβλημα για τη δημιουργία πρωτοτύπων ή μικρών ποσοτήτων, δεν συμφέρει για μεγάλους όγκους.

Τιτάνιο

Για ορισμένα υλικά, η 3D εκτύπωση είναι κάτι περισσότερο από μια εξειδικευμένη εναλλακτική. Στην πραγματικότητα είναι η ιδανική μέθοδος παραγωγής. Το τιτάνιο είναι ένα παράδειγμα. Είναι ελαφρύ, ισχυρότερο από το ατσάλι (για την πυκνότητα του) και πιο ανθεκτικό στη διάβρωση από ανοξείδωτο χάλυβα. Στην πραγματικότητα, είναι ένα σχεδόν τέλειο μέταλλο για πολλές εφαρμογές. Εκτός από το τρέχον κόστος, το κύριο μειονέκτημα του τιτανίου (και ο λόγος που η χρήση του περιορίζεται σε εξειδικευμένες εφαρμογές στην αεροδιαστημική, τα ιατρικά εμφυτεύματα, κοσμήματα και αυτοκίνητα επιδόσεων) είναι ότι είναι δύσκολα επεξεργάσιμο. Έχει την τάση να σκληραίνει κατά την κοπή, που οδηγεί σε υψηλή φθορά του εργαλείου, και όταν συγκολλάται είναι ευαίσθητο σε μολύνσεις που αποδυναμώνουν τις συγκολλήσεις, αν οι κατάλληλες προφυλάξεις δεν τηρηθούν αυστηρά.

Εδώ είναι που έρχεται η 3D εκτύπωση. Η εκτύπωση σε τιτάνιο είναι ελκυστική επειδή εξαλείφει τα προβλήματα της κατεργασίας. Περαιτέρω, καθώς οι εκτυπωτικές μηχανές θα γίνουν μεγαλύτερες σε μέγεθος, θα υπάρχει δυνατότητα παρασκευής μεγαλύτερων φορέων, εξαλείφοντας την ανάγκη για συγκόλληση. Για την αντιμετώπιση του υψηλού τρέχοντος κόστους του τιτανίου (είναι 50 φορές πιο

ακριβό από χάλυβα), οι ερευνητές αναπτύσσουν διαδικασίες να δημιουργηθεί σκόνη τιτανίου σε πολύ χαμηλότερο κόστος.

1.6. Εξέλιξη Υλικών

Τα τελευταία χρόνια ερευνητές, εταιρείες, διαδικτυακές κοινότητες και ιδιώτες που ασχολούνται με την τρισδιάστατη εκτύπωση έχουν τροποποιήσει και εξελίξει τις μεθόδους της, διευρύνοντας το εύρος δυνατοτήτων της. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον όμως έχουν και οι έρευνες που διεξάγονται στον τομέα των υλικών. Η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να φέρει επανάσταση στις ιδιότητες των προϊόντων. Τα τυπωμένα εξαρτήματα μπορούν να εμφανίζουν ιδιότητες που είναι πρωτόγνωρες και να υπερβαίνουν τις δυνατότητες των παραδοσιακών, ακόμη και εάν χρησιμοποιηθούν τα ίδια υλικά.

Οι ερευνητές εργάζονται για ένα φάσμα τεχνικών που μπορεί να ελέγξει τις ακριβείς ιδιότητες των υλικών των τυπωμένων στοιχείων, φτάνοντας μέχρι τη δομή των μετάλλων, αλλάζοντας ουσιαστικά τον τρόπο που τα μόριά του διοργανώνονται.

Η εκτύπωση μετάλλου μπορεί να οδηγήσει σε πιο ομοιόμορφες μικροδομές λόγω της ταχείας στερεοποίησης, σε αντίθεση με την παραδοσιακή μεταλλική χύτευση και σφυρηλάτηση που απαιτεί το μέταλλο να κρυώσει από την εξωτερική επιφάνεια προς τον πυρήνα. Αυτό επιτρέπει στους μηχανικούς να ελέγχουν την αντοχή του αντικείμενου, την σκληρότητα, την ελαστικότητα, την ευελιξία και την ικανότητα να αντέχει στην πίεση. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών θα είναι προϊόντα που παρουσιάζουν συνδυασμούς από φυσικές, ηλεκτρικές και μηχανικές ιδιότητες που μέχρι σήμερα μόνο έχουμε ονειρευτεί.

1.7. Η διαφορά με την παραδοσιακή παραγωγή

Η διαφορά μεταξύ της παραδοσιακής παραγωγής και 3D εκτύπωσης είναι το πώς διαμορφώνονται τα αντικείμενα. Οι παραδοσιακές παραγωγικές διεργασίες χρησιμοποιούν γενικά μια αφαιρετική προσέγγιση που περιλαμβάνει ένα συνδυασμό ξυσίματος, σφυρηλάτησης, κάμψης, χύτευσης, κοπής, συγκόλλησης, κόλλησης και συναρμολόγησης. Μερικές πρώτες ύλες σπαταλούνται κατά την πορεία, τεράστιες ποσότητες ενέργειας δαπανώνται στη θέρμανση και την αναθέρμανση του μετάλλου. Εξειδικευμένα εργαλεία και μηχανές, βελτιστοποιούνται για να παράγουν προϊόντα ενός είδους και τίποτα άλλο. Σχεδόν όλα τα αντικείμενα καθημερινής χρήσης δημιουργούνται κατά αυτόν τον τρόπο ή ακόμη και πιο περίπλοκο.

Αντίθετα, ένας εκτυπωτής μπορεί να παράγει ένα αντικείμενο σε μια ενιαία πράξη, εναποθέτοντας μια αλληλουχία στρωμάτων υλικού (layer by layer). Το προϊόν βγαίνει από τον εκτυπωτή πλήρως συναρμολογημένο, συμπεριλαμβανομένων όλων των κινούμενων μερών του. Μετά από κάποια τελική

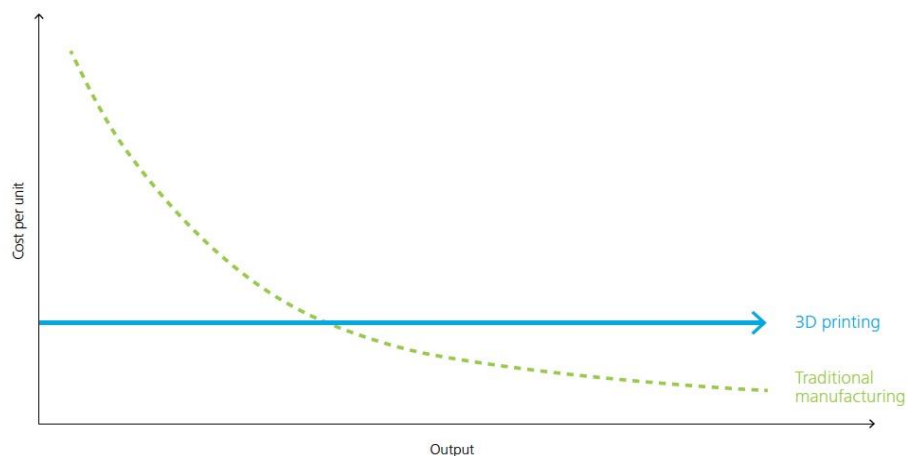
επεξεργασία (post-production), όπως τον καθαρισμό και το ψήσιμο, ανάλογα με το υλικό, το τελικό προϊόν είναι έτοιμο για χρήση.

Υπάρχει επίσης αποφυγή φύρας υλικών σε σύγκριση με τις παραδοσιακές διαδικασίες παραγωγής, η οποία σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να φθάσει ακόμα και 90 τοις εκατό της πρώτης ύλης.

Επειδή οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές επιτρέπουν τον ακριβή έλεγχο του υλικού που χρησιμοποιείται, ο σχεδιαστής μπορεί να αναδημιουργήσει την εσωτερική δομή ενός προϊόντος για το βέλτιστο αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, δημιουργώντας ένα εσωτερικό πλέγμα ή μια κηρήθρα αντί για ένα στερεό μπλοκ κάνει πιο ελαφρύ το προϊόν χωρίς να θυσιάζει την αντοχή. Το να είσαι σε θέση να εκτυπώσεις την εσωτερική δομή είναι ένα πολύ βασικό χαρακτηριστικό για τον σχεδιασμό που ανοίγει διάπλατα νέους ορίζοντες. Ο επιπρόσθετος αυτός έλεγχος ελευθερώνει τους σχεδιαστές από τα όρια της παραδοσιακής κατασκευής, επιτρέποντας στους ανθρώπους να δημιουργήσουν και να βελτιστοποιήσουν αντικείμενα που δεν θα μπορούσαν να κατασκευασθούν με τις παραδοσιακές διεργασίες. Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή και στην τέχνη. Για παράδειγμα ο καλλιτέχνης Geoff Mann πειραματίζεται δουλεύοντας με τη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Ένα από τα πιο διάσημα έργα του είναι το «Attracted to light» το οποίο απεικονίζει τη συμπεριφορά του σκόρου ανάλογα με τα ερεθίσματα του φωτός. Η κατασκευή αυτού του αντικειμένου, σύμφωνα με τα λεγόμενα του ίδιου του καλλιτέχνη, δεν θα ήταν δυνατή με τη χρήση παραδοσιακής μεθόδου φιλοτέχνησης.

Βεβαίως, 3D εκτύπωση δεν πρόκειται να αναλάβει στο άμεσο μέλλον αποκλειστικά την παραγωγική διαδικασία. Η βιομηχανία είναι στα σπάργαλα και η τεχνολογία υποστηρίζει σπάνια ποσότητες μεγαλύτερες από 1000 μονάδες.

Παρά ταύτα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3, για μικρές ποσότητες αντικειμένων, η τρισδιάστατη εκτύπωση προσθέτει ήδη σημαντική αξία. Το κόστος ανάπτυξης και ο χρόνος μπορούν να μειωθούν εξαλείφοντας την ανάγκη για εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην παραδοσιακή βιομηχανία.



Σχήμα 3: Κόστος ανά μονάδα παραγωγής τρισδιάστατης εκτύπωσης σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής

Πηγή: Deloitte

2. Κλάδοι εφαρμογής τρισδιάστατης εκτύπωσης

2.1. Υγεία

Η πιο εμπνευσμένη χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι στη βιομηχανία υγειονομικής περίθαλψης, όπου οι εκτυπωτές έχουν τη δυνατότητα να σώζουν ζωές ή να συνδράμουν στη σημαντική βελτίωσή τους.

Οδοντιατρική Βιομηχανία

Τα τελευταία χρόνια η χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης έχει αυξηθεί σημαντικά στον τομέα της οδοντιατρικής βιομηχανίας. Ο τομέας αυτός αποτελεί το ταχύτερα αναπτυσσόμενο πεδίο εφαρμογής για τρισδιάστατη εκτύπωση (Gausemeier, Echterhoff, Kokoschka, & Wall, 2011). Η τεχνολογία άρχισε να εφαρμόζεται από το 2005 στον τομέα αυτό για την κατασκευή «γεφυρών» και «θηκών» για δόντια. Ένας οδοντοτεχνίτης μπορεί να κατασκευάσει 20 καλούπια για δόντια μέσα σε μία ημέρα, ενώ ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής 450. Σε όλο τον κόσμο υπάρχουν 60 συστήματα DLMS (Direct Metal Laser Sintering) που παράγουν 6,8 εκατομμύρια αντικείμενα οδοντιατρικής κάθε χρόνο. Αυτό αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον λόγω της αυξανόμενης ενασχόλησης των ανθρώπων με την αισθητική και την εικόνα των δοντιών τους αλλά και λόγω της αύξησης του μέσου όρου ηλικίας των ανθρώπων. (Gausemeier, Echterhoff, Kokoschka, & Wall, 2011).

Παράλληλα, όσον αφορά στα εμφυτεύματα, το Ιατρικό Κέντρο Walter Reed Army έχει δημιουργήσει και εμφυτεύσει με επιτυχία πάνω από 60 κρανιακές πλάκες τιτανίου. Τον Ιούνιο του 2011 η πρώτη 3D-τυπωμένη γνάθος, κατασκευασμένη επίσης από τιτάνιο, εμφυτεύθηκε επιτυχώς σε μία 83χρονη γυναίκα που έπασχε από καρκίνο του στόματος και μόλυνση, από τον Δρ. Jules Poukens του Hasselt University. Τα εμφυτεύματα αυτά παρέχουν καλύτερη σταθερότητα, μειώνοντας έτσι τη διάρκεια της επέμβασης.

Βιομηχανία ενίσχυσης ακοής

Η βιομηχανία ενίσχυσης ακοής είχε αξία περίπου 2 δισεκατομμύρια δολάρια και αναμενόταν να αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό της τάξεως του 2.8% μεταξύ του 2013 και του 2016 (Sharma, 2013). Η τρισδιάστατη εκτύπωση στη βιομηχανία αυτή, είναι αρκετά διαδεδομένη. Περισσότερο από το 90% των εξωτερικών περιβλημάτων των ακουστικών βαρηκοΐας κατασκευάζονται με τη χρήση τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης (Wile, 2013) και σύμφωνα το Econolyst, κυκλοφορούν περίπου 10 εκατομμύρια ακουστικά βαρηκοΐας στην αγορά παγκοσμίως (Peels, 2011).

Τα 3D-τυπωμένα ακουστικά βαρηκοΐας, παρέχουν άριστη ποιότητα ήχου λόγω της σχεδιαστικής συμβατότητας με το αυτί του ασθενούς. Εταιρείες σαν την Siemens

και την EnvisionTEC εφαρμόζουν την τεχνολογία για να παράγουν βοηθήματα ακοής πλήρως προσαρμοσμένα στο αυτί.

Ορθοπεδική ιατρική - Πρόσθετα μέλη

Τα τελευταία χρόνια, η τρισδιάστατη εκτύπωση χρησιμοποιείται για την παραγωγή εμφυτευμάτων και προσθετικών άκρων.

Τα μοναδικά ιατρικά εμφυτεύματα και οι συσκευές μπορούν να κατασκευασθούν έτσι ώστε να ταιριάζουν ακριβώς στην ανάγκη του ατόμου που τα χρειάζεται. Τα εμφυτεύματα περιλαμβάνουν θήκες δοντιών, ακουστικά βαρηκοΐας και εξαρτήματα για ορθοπεδικούς σκοπούς, όπως εμφυτεύματα του γονάτου και του ισχίου.

Στον τομέα της ορθοπεδικής η υιοθέτηση της 3D εκτύπωσης αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς. Κάτι τέτοιο πέραν του ότι εξασφαλίζει καλύτερη ποιότητα ζωής για τους ασθενείς, βοηθά και στην ομαλότερη λειτουργία των νοσοκομείων.

Οι αποθήκες των νοσοκομείων πρέπει να έχουν μεγάλα αποθέματα εξαρτημάτων για εμφύτευση. Για παράδειγμα, για μια χειρουργική επέμβαση αντικατάστασης γονάτου, ο γιατρός μπορεί να χρειάζεται να έχει περίπου 6-12 διαφορετικά μεγέθη και είδη εμφυτεύματος γονάτου, προκειμένου να καλύψει τις αβεβαιότητες που πιθανώς αντιμετωπίσει κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης. Αυτό το τεράστιο απόθεμα και το σχετικό κόστος του, μπορεί να μειωθεί δραστικά με την τρισδιάστατη εκτύπωση, η οποία επιτρέπει την παραγωγή ενός εμφυτεύματος ακριβώς στο μέγεθος που χρειάζεται ο ασθενής, με βάση τη μαγνητική τομογραφία που δεν αφήνει περιθώρια για αμφιβολία.

Το απόλυτο ταίριασμα στο σώμα ενός ατόμου είναι το κλειδί και για τις προσθετικές συσκευές. Η 3D εκτύπωση είναι ιδανική για αυτές τις άκρως προσαρμοσμένες, μικρές σειρές παραγωγής (ποσότητες του ενός) που απαιτούν ισχυρά αλλά ελαφριά υλικά. Η 3D εκτύπωση θα επιτρέψει σε εκείνους που έχουν απώλεια των άκρων τους, να πάρουν ακριβώς αυτό που θέλουν ως προς την εμφάνιση, την αίσθηση, το μέγεθος και το βάρος, με πολύ μικρότερο κόστος.

Το κόστος ενός προσθετικού άκρου μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 5.000€ και 10.000€, μόνο όσον αφορά τα υλικά και ανεβαίνει εάν πρόκειται για παιδί που συνεχώς αναπτύσσεται. Η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει καταφέρει να παράξει προσθετικό χέρι με 50€. Η μη κερδοσκοπική εταιρεία E-Nable έφτιαξε ένα δίκτυο εθελοντών σχεδιαστών, που προσφέρουν συμβουλές και ανεβάζουν σχέδια στη διαδικτυακή πλατφόρμα.

Η Bespoke Inovations, που τώρα ανήκει στη 3D Systems, χρησιμοποιεί εκτυπωτές 3D για να κάνει ειδικά (μοναδικά) καλύμματα για τεχνητά μέλη και έχει ως

στόχο να εκτυπώσει ολόκληρο το άκρο στο μέλλον. Ένα σχετικό παράδειγμα είναι η δίχρονη Emma, η οποία γεννήθηκε με τη σπάνια ασθένεια που ονομάζεται αρθρογρύπωση. Χάρη στην τρισδιάστατη εκτύπωση αυτή τη στιγμή η μικρή Emma φοράει τυπωμένα «μαγικά χέρια». Τα «μαγικά χέρια» μπορούν να επανεκτυπωθούν όσο η Emma αναπτύσσεται και είναι αρκετά ελαφριά για το σώμα της.

Ρέπλικα καρδιάς

Σε περίπλοκες χειρουργικές επεμβάσεις που σχετίζονται με την καρδιά, οι γιατροί κατασκευάζουν μια ρέπλικα της καρδιάς πριν από τη χειρουργική επέμβαση, έτσι μπορούν να έχουν καλύτερη αντίληψη για το σχήμα της και μπορούν να σχεδιάζουν καλύτερα τη χειρουργική επέμβαση.

Βιοεκτύπωση

Ένα προηγμένο είδος εκτύπωσης, που χρησιμοποιείται στον κλάδο της υγείας, καλείται βιολογική τρισδιάστατη εκτύπωση ή «βιοεκτύπωση». Η βιοεκτύπωση είναι η κατασκευή μιας βιολογικής δομής με τη βοήθεια υπολογιστή, και η διαμόρφωση μικρών ποσοτήτων βιολογικού υλικού.

Ένας από τους στόχους της βιοεκτύπωσης είναι να είναι σε θέση να εκτυπώσει βιολογικούς ιστούς για την αναγεννητική ιατρική. Στο μέλλον, οι γιατροί μπορεί να έχουν τη δυνατότητα να επισκευάσουν τη βλάβη που προκαλείται από καρδιακή προσβολή, αντικαθιστώντας τον κατεστραμμένο ιστό με τον ιστό που έχει κατασκευαστεί από εκτυπωτή.

Χρησιμοποιώντας καλλιεργημένα ή βλαστικά κύτταρα του ίδιου του ασθενούς, το ινστιτούτο αναγεννητικής ιατρικής Wake Forest έχει αναπτύξει μια τεχνική εκτύπωσης ιστών και των οργάνων. Ο απώτερος στόχος τους είναι να βοηθήσουν στην επίλυση της έλλειψης διαθεσιμότητας οργάνων για μεταμόσχευση. Οι επιστήμονες εργάζονται σε μια ποικιλία σχεδίων, συμπεριλαμβανομένων αυτιών, μυών και μια μακροπρόθεσμη προσπάθεια να εκτυπωθεί ένα ανθρώπινο νεφρό. Ο εκτυπωτής έχει σχεδιαστεί για την εκτύπωση οργάνων και δομών ιστού χρησιμοποιώντας δεδομένα από ιατρικές σαρώσεις, όπως αξονική ή μαγνητική τομογραφία. Η βασική ιδέα είναι να εκτυπωθούν τα ζωντανά κύτταρα και τα βιοϋλικά που συγκρατούν τα κύτταρα μαζί σε ένα αντικείμενο. Έπειτα, αυτή η οργανική δομή θα μπορεί να εμφυτευθεί στο σώμα, όπου θα συνεχίσει να αναπτύσσεται.

Η εταιρεία Organovo έχει δημιουργήσει μια σειρά από ανθρώπινους ιστούς χρησιμοποιώντας τα ανθρώπινα κύτταρα ως υλικό και έχει ακόμα εκτυπώσει ανθρώπινες φλέβες.

Οστά

Οι ερευνητές έχουν ήδη εμφυτεύσει μερικές εκτυπωμένες δομές σε ασθενείς. Πολλές περιπτώσεις αντικατάστασης οστών έχουν αναφερθεί.

Το Washington State University έχει αναπτύξει ένα υλικό για τρισδιάστατο εκτυπωτή που προσομοιώνει το ανθρώπινο κόκκαλο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ορθοπεδικούς και οδοντοτεχνικούς λόγους αλλά και στην καταπολέμηση της οστεοπόρωσης.

Μέλλον Φαρμάκων

Η βιομηχανία φαρμάκων, μπορεί επίσης να επωφεληθεί από την εφαρμογή της τεχνολογίας, για την παραγωγή πλήρως εξατομικευμένων φαρμάκων ή για την δημιουργία εγκαταστάσεων παραγωγής σε περιοχές που έχουν αυξημένη ζήτηση όπως για παράδειγμα σε περιοχές μαζικών καταστροφών.

Ερευνητές από το Πανεπιστήμιο της Γλασκόβης έχουν αναπτύξει ένα σύστημα που δημιουργεί οργανικές ενώσεις και ανόργανα συμπλέγματα, που πιστεύουν ότι θα μπορούσαν να έχουν μακροπρόθεσμα δυναμική για τη δημιουργία εξατομικευμένων φαρμάκων.

2.2. Ηλεκτρονικά

Η βιομηχανία ηλεκτρονικών, που έχει αξία περίπου 3,2 τρισεκατομμύρια δολάρια (BBC Research 2007), χαρακτηρίζεται από συνεχείς και γρήγορες τεχνολογικές εξελίξεις και σύντομους κύκλους ζωής προϊόντων. Απαιτεί λοιπόν μία τεχνολογία σαν την τρισδιάστατη εκτύπωση που να είναι ευέλικτη και που μπορεί να μειώσει τις διαδικασίες ανάπτυξης και εξέλιξης νέων προϊόντων. Η ικανότητα της τρισδιάστατης εκτύπωσης να ενσωματώνει ηλεκτρικά κυκλώματα μέσα στα εξαρτήματα, βοηθά στο να μειωθούν βήματα στη διαδικασία παραγωγής.

Παράγοντες που οδηγούν στην αύξηση της διείσδυσης στη συγκεκριμένη αγορά είναι η αξιοπιστία της διαδικασίας, η εύκολη αναπαραξιμότητα των εξαρτημάτων και η συνεχής ανακάλυψη νέων υλικών. (Gausemeier, Echterhoff, Kokoschka, & Wall, 2011). Στην αγορά των ηλεκτρονικών, υπάρχουν τάσεις που εντείνουν την ανάγκη για μικρότερους χρόνους ανάπτυξης προϊόντων, έξυπνα μικροσυστήματα και ανάγκη από πληθώρα ενσωματούμενων συσκευών (embedded electronics), οι οποίες θα μπορούσαν να τονώσουν την ανάπτυξη της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Τα περισσότερα έσοδα στον κλάδο των ηλεκτρονικών προέρχονται από τα έξυπνα τηλέφωνα (smartphones) που παράγουν το 35% τον συνολικών εσόδων (Deloitte, 2014).

Έως σήμερα η τρισδιάστατη εκτύπωση στη βιομηχανία των κινητών τηλεφώνων περιορίζεται στις διαδικασίες προτυποποίησης αλλά και την κατασκευή θηκών προστασίας αντί για λειτουργικά ανταλλακτικά ενός κινητού.

Παρόλα αυτά η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει καταφέρει να παράξει πρωτότυπα ανταλλακτικά. (Jacques, 2014). Πιο συγκεκριμένα η Optomec, μια εταιρεία που εξειδικεύεται στην εκτύπωση ηλεκτρονικών, έχει τη δυνατότητα να παράγει κεραίες κινητών τηλεφώνων και εν γένει μικρών ηλεκτρονικών συσκευών, σε μεγάλες ποσότητες.

Το μεγάλο βήμα για την τρισδιάστατη εκτύπωση βέβαια έγινε από τη Motorola, με το Project Ara το οποίο στη συνέχεια ανέλαβε η google. Το βασικό μέλημα αυτού του έργου ήταν να δημιουργηθεί ένα έξυπνο τηλέφωνο που θα ήταν παραμετροποιήσιμο ανάλογα με τις ανάγκες του καθενός. Η εταιρεία 3D Systems συνεργάζεται με τη google και πειραματίζεται στην παραγωγή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

2.3. Καταναλωτικά αγαθά

Η βιομηχανία των καταναλωτικών αγαθών είναι ένας όρος ευρύς και περιλαμβάνει πάρα πολλούς κλάδους πολύ διαφορετικούς μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα την καπνοβιομηχανία, τις οικιακές συσκευές μέχρι και το ρουχισμό. Οι τομείς στους οποίους διεξάγονται πειράματα για την εφαρμογή 3D εκτύπωσης ή μπορούν να επωφεληθούν από αυτή είναι η βιομηχανία υφασμάτων αξίας 700 δισεκατομμυρίων δολαρίων, επίπλων αξίας 376 δισεκατομμυρίων δολαρίων, κοσμημάτων αξίας 275 δισεκατομμυρίων δολαρίων (Young, 2012), αθλητισμού αξίας 130 δισεκατομμυρίων δολαρίων (PwCIL, 2011), παιχνιδιών και συλλεκτικών ειδών αξίας 75 δισεκατομμυρίων δολαρίων και τροφίμων αξίας 13 δισεκατομμυρίων δολαρίων (Gausemeier, Echterhoff, Kokoschka, & Wall, 2011).

Βέβαια δεν είναι σαφές πόσο ο κάθε τομέας συνεισφέρει στον κλάδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης καθώς αυτή εφαρμόζεται ως επί το πλείστον σε συνδυασμό με παραδοσιακές μεθόδους.

Κοσμήματα

Τα κοσμήματα συνήθως είναι μικρά σε μέγεθος, έχουν περίπλοκες γεωμετρίες, παράγονται σε μικρές ποσότητες και έχουν υψηλή αξία. Η αγορά χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη δίνει περισσότερο βάρος στην ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται και η άλλη σε φθηνά και δημιουργικά προϊόντα. Και οι δύο παραπάνω κατηγορίες μπορούν να επωφεληθούν από την χρησιμοποίηση τρισδιάστατης εκτύπωσης αφού τους παρέχει σχεδιαστική ελευθερία έτσι ώστε να είναι δυνατόν να κατασκευασθούν σύνθετα σχήματα κοσμημάτων.

Αν και υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν υλικά υψηλής αξίας, δεν υπάρχει διαθέσιμη μεγάλη ποικιλία υλικών. Στο μέλλον θα υπάρχει συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για πρωτοποριακά και εξατομικευμένα σχέδια, γεγονός που θα βοηθήσει στην εξάπλωση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στο συγκεκριμένο τομέα.

Σήμερα η τεχνολογία χρησιμοποιείται ήδη για την απευθείας κατασκευή προϊόντων.

Η μεγάλη Ολλανδική εταιρεία HEMA προσφέρει χρυσά κολιέ τρισδιάστατα εκτυπωμένα ήδη από το 2013 (3ders.org, 2014). Η Cookson Precious Metals είναι ένας προμηθευτής παραγόμενων πολύτιμων μετάλλων που δραστηριοποιείται σε όλο τον κόσμο και χρησιμοποιεί τρισδιάστατη εκτύπωση για μέρος της παραγωγής του (Vallance, 2013). Όσον αφορά τα χαμηλού κόστους κοσμήματα υπάρχει μία πληθώρα εμπόρων που τα διαθέτουν στην αγορά όπως είναι η Cubify, η Shareways, και η Zazzy.

Υφάσματα

Η διείσδυση στην αγορά των υφασμάτων παραμένει προς το παρόν περιορισμένη σε πειραματικό στάδιο. Ο συνολικός όγκος της αγοράς της βιομηχανίας υφασμάτων εκτιμήθηκε γύρω στα 700 δισεκατομμύρια δολάρια το 2012 (Textile Centre of Excellence, 2013).

Η τρισδιάστατη εκτύπωση εφαρμόζεται σε προϊόντα όπως οι γυναίκες τσάντες, ζώνες, ρολόγια χειρός, παπούτσια και γάντια. Η αλήθεια είναι όμως πως όλες οι ανάγκες του κλάδου καλύπτονται ικανοποιητικά από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής. Μόνο εξειδικευμένες αγορές όπως αυτές των «έξυπνων» ή υψηλών απαιτήσεων ρούχων μπορούν να επωφεληθούν. Βέβαια οι τάσεις της αγοράς τείνουν προς αύξηση της ζήτησης σε ρουχισμό υψηλών επιδόσεων, χωρίς ανάγκη για ραφές, ενδιαφέρον προς ρουχισμό χρησιμοποιώντας νανοτεχνολογία αλλά και νέες σχεδιαστικές προοπτικές που κάνει εφικτές η 3D εκτύπωση. (Gausemeier, Echterhoff, Kokoschka, & Wall, 2011).

Έπιπλα

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι δελεαστική για τη βιομηχανία της παραγωγής επίπλων καθώς παρέχει γεωμετρική ελευθερία και διευκολύνει τη δυνατότητα προσαρμογής της παραγωγής ανάλογα με τη ζήτηση, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για αποθήκευση (Gausemeier, Echterhoff, Kokoschka, & Wall, 2011). Η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να κατασκευάσει διάφορα έπιπλα όπως τραπέζι, καρέκλα και φωτιστικό. Το 2009 η τρισδιάστατη εκτύπωση συνεισέφερε λιγότερο από 1% στον κλάδο των επίπλων όμως αυτό αναμένεται να αλλάξει καθώς η ζήτηση για εξατομικευμένη εσωτερική διακόσμηση θα αυξηθεί.

Αθλητικά είδη

Η τεχνολογία αναπτύσσεται στον χώρο της αθλητικής βιομηχανίας με στόχο να βελτιώσει την απόδοση του εξοπλισμού, την άνεση και την απόλαυση των αθλητών. Εξατομικευμένα παπούτσια ποδοσφαίρου, κράνη και προστατευτικά είναι μερικά από τα προϊόντα που μπορούν να παραχθούν.

Τρόφιμα

Έρευνες έχουν δώσει αποτελέσματα ακόμα και στην παραγωγή τροφίμων. Για παράδειγμα, οι ερευνητές του Πανεπιστημίου του Έξετερ τροποποίησαν ένα τρισδιάστατο εκτυπωτή για να εκτυπώσουν σοκολάτα. Το πανεπιστήμιο Cornell, σε συνεργασία με τη γαλλικό ινστιτούτο μαγειρικής στη Νέα Υόρκη, πήγε την ιδέα παραπέρα, με τη δημιουργία μιας σειράς από εκτυπωμένα είδη διατροφής, χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη επιπεδοποιημένα στερεά υλικά όπως κρέας ή λαχανικά και λιωμένα υλικά όπως σοκολάτα, τυρί ή βούτυρο.

Όμως η παρουσία της τρισδιάστατης εκτύπωσης στον χώρο παραμένει αμελητέα. Έχει επιτευχθεί η εκτύπωση γλυκών, κέικ και «sushi» αλλά σε πειραματικό επίπεδο.

2.4. Αεροδιαστημική τεχνολογία

Κατά κοινή ομολογία, η αεροδιαστημική, έχει πολλά στοιχεία που οδηγούν στο να της ταιριάζει η τρισδιάστατη εκτύπωση και να επωφελείται σημαντικά από αυτήν. Ο μεγάλος χρονικός ορίζοντας των έργων που αναλαμβάνει και οι χαμηλοί όγκοι παραγωγής που απαιτούνται, δίνουν χώρο στην τρισδιάστατη εκτύπωση να ανθίσει.

Η αεροδιαστημική βιομηχανία έχει αξία περίπου 677 δισεκατομμύρια δολάρια και αποτελεί το 12,3% των εσόδων του κλάδου της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Οι κατασκευαστές της αεροδιαστημικής εφαρμόζουν τη συγκεκριμένη τεχνολογία με σκοπό να απλοποιήσουν τις παραγωγικές διαδικασίες και να μειώσουν τα κόστη. Σύμφωνα με τον Joel Smith της Stratasy, υπάρχουν επί της ουσίας τρεις τρόποι που η αεροδιαστημική χρησιμοποιεί την συγκεκριμένη τεχνολογία:

Δοκιμές σχεδίων και μείωση κόστους σφυρηλάτησης και γενικής επεξεργασίας με εργαλεία: Είναι εύκολο το να κάνει κάποιος αλλαγές σε ένα σχέδιο ψηφιακού αρχείου και μετά να το εκτυπώσει. Στην αεροδιαστημική, ένα μεγάλο κόστος προέρχεται από τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής (χύτευση, σφυρηλάτηση κ.τ.λ.), όμως η τρισδιάστατη εκτύπωση, σε μεγάλο βαθμό, παρέχει τη δυνατότητα αποφυγής αυτών των διαδικασιών.

Παραγωγή ελαφρύτερων εξαρτημάτων: Η μείωση του βάρους των αεροσκαφών, αποτελεί πρώτη προτεραιότητα επειδή μειώνεται η κατανάλωση καυσίμων και βελτιώνεται η αεροδυναμική. Η τρισδιάστατη εκτύπωση βοηθάει τη

δημιουργία εξαρτημάτων με βελτιστοποιημένες γεωμετρίες όσον αφορά το βάρος, που δεν ήταν δυνατόν να παραχθούν με παραδοσιακές μεθόδους.

Απαλοιφή προβλημάτων αποθήκευσης: Η διαχείριση των αποθεμάτων των ανταλλακτικών αποτελεί μια πρόκληση για τον κλάδο. Παραδοσιακά οι εταιρείες πρέπει να διατηρούν απόθεμα που τις περισσότερες φορές παραμένει αχρησιμοποίητο για πολλά χρόνια. Η τρισδιάστατη τεχνολογία επιτρέπει την παραγωγή αυτών των ανταλλακτικών με το που υπάρξει ζήτηση.

Boeing

Η Boeing είναι πρωτοπόρος στη 3D εκτύπωση και πολλά εξαρτήματα των αεροπλάνων της κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας τρισδιάστατη εκτύπωση. Για παράδειγμα, χρησιμοποιεί 3D εκτύπωση για την παραγωγή αγωγών για τα νέα αεροσκάφη της τύπου 787. Με τις παραδοσιακές τεχνικές, οι αγωγοί αυτοί αποτελούνταν από σχεδόν 20 μέρη λόγω της πολύπλοκης εσωτερικής δομής τους. Ωστόσο, με τη 3D εκτύπωση, η Boeing το παράγει ως ένα κομμάτι. Η νέα αυτή μέθοδος μειώνει την απογραφή, δεν απαιτείται συναρμολόγηση και βελτιώνει το χρόνο παραγωγής.

Επιπλέον όμως τα 3D-τυπωμένα μέρη ζυγίζουν λιγότερο, το βάρος του αεροσκάφους μειώνεται, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση καυσίμων. Σύμφωνα με την American Airlines, για κάθε 1 λιγότερο κιλό βάρους στα αεροσκάφη της, η εταιρία εξοικονομεί πάνω από 11.000 γαλόνια καυσίμων κάθε χρόνο

GE Aviation

Η GE Aviation χρησιμοποιεί τρισδιάστατη εκτύπωση για να παράγει το ακροφύσιο ψεκασμού καυσίμου (beck) στους κινητήρες αεροπλάνων που παράγει. Κατάφερε να το παράξει χρησιμοποιώντας λιγότερες πρώτες ύλες, μειώνοντας το κόστος κατά 75%. (Harvard Business Review, 2015). Το τελικό προϊόν είναι 25% ελαφρύτερο, που συνεισφέρει στη βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση του αεροσκάφους (GE Aviation, 2015). Επίσης το τελικό προϊόν κατασκευάστηκε ως ένα σώμα ενώ το προηγούμενο αποτελούνταν από 20 κομμάτια και είναι 5 φορές πιο ισχυρό (fortune, 2015). Οι λιγότερες απαιτήσεις για συναρμολόγηση απλοποιούν την παραγωγή, απαιτούν μικρότερη ποσότητα ενέργειας και χρόνο και επίσης μειώνει τις πιθανότητες λάθους ή ελαττώματος.

Κατασκευή στο διάστημα

Ένα ακραίο παράδειγμα μιας μακράς αλυσίδας εφοδιασμού είναι η εξερεύνηση του διαστήματος. Φανταστείτε αν ήταν δυνατό να εκτυπώσετε τα προϊόντα, τα εργαλεία ή ανταλλακτικά στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό ή ακόμη και στον Άρη. Αυτό είναι ακριβώς που ομάδες όπως η Made in Space και η Lunar Buildings διερευνούν.

Και οι δύο οργανώσεις αναπτύσσουν εργαλεία, διαδικασίες και συστήματα για την κατασκευή στο διάστημα, αποφεύγοντας το δαπανηρό και χρονοβόρο σχεδιασμό που απαιτείται για να σταλεί ένας πύραυλος στο διάστημα με τα απαραίτητα ανταλλακτικά και εργαλεία. Η Made in Space έχει συμβόλαιο με τη NASA και διεξάγει πειράματα μηδενικής βαρύτητας, με στόχο τη δοκιμή εκτύπωσης σε διεθνή διαστημικό σταθμό. Αυτό θα επιτρέψει στους αστροναύτες να εκτυπώσουν τα εργαλεία και τα εξαρτήματα στο χώρο που τα χρειάζονται και τη στιγμή που τα χρειασθούν.

Εκτύπωση με άμμο Σαχάρας

Το διάστημα δεν είναι το μόνο ακραίο περιβάλλον για 3D εκτύπωση. Ο Markus Kayser έχει παρουσιάσει ένα 3D εκτυπωτή που λειτουργεί με ηλιακή ενέργεια, που έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει την άμμο της Σαχάρας σε ακατέργαστο γυαλί. Δεν είναι σε συνθήκες του διαστήματος, αλλά αυτό το παράδειγμα καταδεικνύει ότι η 3D εκτύπωση μπορεί να γίνει με βασικούς πόρους σε εξαιρετικά αφιλόξενο περιβάλλον.

2.5. Αυτοκινητοβιομηχανία

Για χρόνια, οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές αυτοκινήτων χρησιμοποιούν την τρισδιάστατη εκτύπωση για τη δημιουργία πρωτοτύπων. Ωστόσο, η αυτοκινητοβιομηχανία είναι έτοιμη να ξεκινήσει την εφαρμογή της τεχνολογίας σε περισσότερες διαδικασίες από την προτυποποίηση των μικρών προσαρμοσμένων τμημάτων.

Η βιομηχανία αυτοκινήτων η αξία της οποίας εκτιμάται στα 2,6 τρισεκατομμύρια δολάρια (Gausemeier, Echterhoff, & Wall, 2013) είναι ο δεύτερος πιο διαδεδομένος κλάδος εφαρμογής τρισδιάστατης εκτύπωσης μετά την κλάδο της αεροδιαστημικής. Η τεχνολογία συνεισφέρει στον κλάδο στη μείωση των εξόδων, του χρόνου, της μόλυνσης καθώς και τη μείωση της ανάγκης για χρήση εργαλείων. Επίσης βοηθάει την καινοτομία και τη δημιουργικότητα και καθιστά πιο εύκολη την ανάπτυξη νέων προϊόντων (Gausemeier, Echterhoff, & Wall, 2013). Η τεχνολογία έχει καταφέρει να εκτυπώσει σκελετό αυτοκινήτου και μηχανή κίνησης μοτοσυκλέτας αλλά προς το παρόν δεν ενδείκνυται για μαζική παραγωγή. Όμως είναι ιδανική για παραγωγή ανταλλακτικών για ανταλλακτικά ακριβών αυτοκινήτων ή αντικών και ανταλλακτικών που δεν επηρεάζουν την ασφάλεια του οχήματος.

Ανταλλακτικά

Η πολυπλοκότητα του τομέα των ανταλλακτικών της αυτοκινητοβιομηχανίας είναι που δίνει αφορμή εισόδου στην τρισδιάστατη εκτύπωση. Η υφιστάμενη εφοδιαστική αλυσίδα μπορεί να απλοποιηθεί εάν η πλειονότητα των ανταλλακτικών μπορούν να κατασκευασθούν κατά τη ζήτησή τους. Έτσι θα μειωθεί ο χρόνος παράδοσης, τα

κόστη αποθήκευσης και μεταφοράς αλλά και θα ικανοποιήσει τους καταναλωτές καθώς θα υπάρχει πάντα διαθεσιμότητα ανταλλακτικών.

Urbee

Το Urbee, τιτλοφορήθηκε ως το πρώτο τυπωμένο αυτοκίνητο στον κόσμο. Το διαθέσιμο Urbee, που δημιουργήθηκε από την KOR EcoLogic, ανατρέπει τις προκαταλήψεις σχετικά με τα όρια για τα μεγέθη της 3D εκτύπωσης. Για την ακρίβεια βέβαια, δεν είναι όλα τα μέρη 3D-τυπωμένα, παρά μόνο το κέλυφος αυτού του υβριδικού πρωτοτύπου αυτοκινήτου.

Blade

Το γεγονός πως με την τρισδιάστατη εκτύπωση μπορούμε να τυπώνουμε ελαφρύτερα αντικείμενα, βοηθάει στη μείωση εκπομπών άνθρακα κατά την διάρκεια της παραγωγής. Σύμφωνα με τον Kevin Czinger της Divergent Microfactories, εταιρείας που χρησιμοποιεί τρισδιάστατη εκτύπωση για παραγωγή αυτοκινήτων, μεγάλο ποσοστό της συνολικής μόλυνσης ενός αυτοκινήτου προέρχεται από την ενέργεια και τα υλικά που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της παραγωγής.

Η συγκεκριμένη εταιρεία κατασκευάζει το πρώτο τρισδιάστατα εκτυπωμένο υπέρ-αυτοκίνητο, το blade, του οποίου το σασί ζυγίζει κατά 90% από αυτό των ανταγωνιστικών και χρειάζεται πολύ λιγότερες πρώτες ύλες.

Ducati

Η εταιρεία Ducati χρησιμοποίησε τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης για το σχεδιασμό και την κατασκευή μιας πρωτότυπης μηχανής κίνησης μοτοσυκλέτας μέσα σε 8 μήνες. Η διαδικασία με συμβατικές μεθόδους διαρκούσε 28 μήνες (Fortus 3D production systems, 2009).

BMW

Οι μηχανικοί της BMW έχουν χρησιμοποιήσει 3D εκτυπωτές για να δημιουργήσουν εργονομικές, ελαφριές εκδόσεις των εργαλείων συναρμολόγησης τους με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων. Με τη βελτίωση του σχεδιασμού, οι εργαζόμενοι που μεταφέρουν 1,5 κιλό λιγότερο έχουν βελτιώσει το χειρισμό και μπορούν να κινηθούν πιο άνετα, γρήγορα και ευέλικτα. Όπως ο μηχανικός της BMW Günter Schmid λέει: «Αυτό μπορεί να μην φαίνεται πολύ, αλλά όταν ένας εργαζόμενος χρησιμοποιεί τα εργαλεία του εκατοντάδες φορές σε μια βάρδια, είναι μεγάλη διαφορά».

2.6. Κατασκευή και Αρχιτεκτονική

Ένας άλλος τομέας που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι ο τομέας της κατασκευής. Αν και ακόμα βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο υπάρχουν πολλά παραδείγματα εφαρμογής και έρευνες σε εξέλιξη. Εφόσον εξελιχθεί η τεχνολογία, οι βελτιώσεις

όσον αφορά την ποιότητα, το χρόνο, το κόστος (κυρίως τα εργατικά), την ευελιξία, την δημιουργικότητα, την αυτονομία των κατασκευών, την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα είναι σημαντικές. Επιπλέον η συμμετοχή των πελατών στο σχεδιασμό θα είναι πλέον πιο εύκολη.

Καλούπια για σκυρόδεμα

Έρευνα για τρισδιάστατη εκτύπωση και υλικά διεξάγει και το Media Lab του MIT, που πειραματίζεται με την εκτύπωση μεγάλων καλουπιών για σκυρόδεμα με χρήση ενός σπρέι αφρού από πολυουρεθάνη. Η εκτύπωση με πολυουρεθάνη προσφέρει οφέλη σε βάρος, μειώνει το χρόνο καλουπώματος, αυξάνει τον έλεγχο και τη σταθερότητα. Χρησιμεύει επίσης ως θερμομόνωση. Μόλις εκτυπωθεί, το καλούπι μπορεί να πληρωθεί με σκυρόδεμα ή ένα άλλο χυτό οικοδομικό υλικό. Το MIT έχει καταφέρει να τυπώσει αρκετά καλούπια τοίχου που είναι 1,5 με 2 μέτρα ψηλά και πλέον διερευνά τα οφέλη παραγωγής καλουπιών μεγάλης κλίμακας.

Κατασκευή πεζογέφυρας στη Μαδρίτη

Μέλη του Ινστιτούτου Προηγμένης Αρχιτεκτονικής της Καταλονίας (IAAC), με επικεφαλής την Ελληνίδα αρχιτέκτονα Αρετή Μαρκοπούλου, χρησιμοποίησαν τσιμέντο που είχε υποστεί ειδική επεξεργασία ώστε με την χρήση της 3D εκτύπωσης να κατασκευάσουν μια γέφυρα. Η γέφυρα, μήκους 12 μέτρων και πλάτους 1.75 μ., τοποθετήθηκε σε ένα πάρκο σε προάστιο της Μαδρίτης και σύμφωνα με τους δημιουργούς της ανοίγει τον δρόμο για την χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στον κατασκευαστικό τομέα. Η γέφυρα αποτελείται από οκτώ κομμάτια και χρειάστηκε περίπου 10 ημέρες για να εκτυπωθούν τα κομμάτια και μόνο μία ημέρα για να συναρμολογηθούν στο πάρκο της Alcobenda.

Contour Crafting

Η Contour Crafting προτείνει την 3D εκτύπωση ενός ολόκληρου σπιτιού, στοχεύοντας στο χαμηλό κόστος και τη δημιουργία κατοικιών έκτακτης ανάγκης (μετά από μια φυσική καταστροφή). Η εταιρεία ισχυρίζεται ότι μία κατοικία 250τ.μ. μπορεί να κατασκευαστεί σε 20 ώρες (οι πόρτες και τα παράθυρα θα προστεθούν αργότερα) με μεγάλους εκτυπωτές και ειδικά σχεδιασμένο σκυρόδεμα. Οι κοινωνικές επιπτώσεις από τη χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων κατασκευής για αντικατάσταση ερειπωμένων ή κατεστραμμένων κατοικιών είναι σημαντικές.

Παρουσίαση μοντέλων πλήρους κλίμακας

Άλλος ένας τομέας όπου η 3D εκτύπωση μπορεί να κάνει μια μεγάλη διαφορά είναι το μάρκετινγκ. Φανταστείτε να δείχνετε ένα πλήρους κλίμακας 3D μοντέλο αντί για ένα σχέδιο CAD, ως μέρος της προσφοράς σε μία πρόταση. Μία εικόνα μπορεί να πει χίλιες λέξεις, αλλά με την αφή και την αίσθηση την κάνουμε πραγματικότητα.

2.7. Πολεμική τεχνολογία

Η τρισδιάστατη εκτύπωση ταιριάζει ιδιαίτερα στη συγκεκριμένη βιομηχανία. Η πολεμική βιομηχανία επιδιώκει περισσότερο την απόδοση των προϊόντων και δεν την αφορά τόσο το κόστος. Επιπλέον τα περισσότερα όπλα έχουν σύνθετες δομές και παράγονται σε περιορισμένη ποσότητα. Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε στρατιωτικό εξοπλισμό πρέπει να είναι ισχυρά, ανθεκτικά και, πάνω απ' όλα, αξιόπιστα, καθώς η αστοχία μπορεί να θέσει ζωές σε κίνδυνο. Ο κλάδος της πολεμικής τεχνολογίας εκτιμάται στα 410 δισεκατομμύρια δολάρια (SIPRI, 2013) και συνεισφέρει 5,4% στον τομέα της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση εφαρμόζεται για κατασκευή εξατομικευμένων λαβών όπλων, βάσεις καμερών και στην πολεμική αεροπορία.

Για παράδειγμα η βάση στήριξης της κάμερας σε ένα τανκ M1 Abrams και τα οχήματα μάχης Bradley. Αυτά τα εξαρτήματα τοποθετούνται στο εξωτερικό σώμα των τανκ, όπου πρέπει να παραμείνουν άθικτα έπειτα από απίστευτα σκληρά σοκ, κραδασμούς και δυσχερείς περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η EOIR Technology, μία κορυφαία εταιρεία σχεδιασμού συστημάτων άμυνας, κατάφερε να κατασκευάσει αναρτήσεις αρκετά ανθεκτικές για χρήση σε τανκ με τη χρήση ενός 3D εκτυπωτή. Η εταιρεία μείωσε τα κόστη παραγωγής που ήταν πάνω από 100.000\$ ανά μονάδα στα 40,000\$ ανά μονάδα.

Η Trainer development Flight (TDF) χρησιμοποιεί 3D εκτύπωση για να κατασκευάζει αντικείμενα που προορίζονται για εκπαιδευτικούς σκοπούς της Πολεμική Αεροπορία άλλα και άλλους τομείς του Αμερικανικού Υπουργείου Άμυνας. Δεδομένου του ιδιαίτερα εξειδικευμένου χαρακτήρα του εξοπλισμού που σχετίζεται με την πολεμική βιομηχανία και των μικρών ποσοτήτων που απαιτούνται, το να χρησιμοποιηθούν γνήσια ανταλλακτικά ή ακόμη και αντίγραφα είναι μια χρονοβόρα και δαπανηρή διαδικασία. Ωστόσο, ενσωματώνοντας την τρισδιάστατη εκτύπωση στις υφιστάμενες διαδικασίες της, η Αμερικανική κυβέρνηση κατάφερε να εξοικονομήσει πάνω από 3,8 εκατομμύρια δολάρια την περίοδο 2004-2009.

Μελλοντική εφοδιαστική αλυσίδα πεδίου μάχης

Δυστυχώς όπως σχεδόν όλες οι επαναστατικές τεχνολογικές εξελίξεις, η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να βρει εφαρμογή και στα πεδία των μαχών. Στο μέλλον, μπορεί να είναι δυνατό για το στρατό να εκτυπώνει εξαρτήματα στο πεδίο της μάχης, αντί να βασίζεται στην αλυσίδα εφοδιασμού, αν και αυτό φαντάζει προς το παρόν ως κάτι πολύ μακρινό.

Μακέτες

Μια εντελώς διαφορετική στρατιωτική εφαρμογή της 3D εκτύπωσης είναι η δημιουργία τοπογραφικών μοντέλων για την παροχή καλύτερων πληροφοριών. Η U.S. Army Corps of Engineers χρησιμοποίησε την τεχνική αυτή όταν κλήθηκε να αντιμετωπίσει τον τυφώνα Κατρίνα. Παρήγαγε μοντέλα της Νέας Ορλεάνης τα οποία ανανέωνε συνεχώς, όσο η κατάσταση εξελισσόταν. Τα μοντέλα, τα οποία θα μπορούσαν να δημιουργηθούν σε περίπου δύο ώρες, έδειχναν την μεταβολή του επιπέδου της πλημμύρας, τα κτίρια και άλλα χαρακτηριστικά της περιοχής. Αυτό βοήθησε στην κατανόηση της κατάστασης και βοήθησε στην καθοδήγηση των προσπάθειών ανακούφισης στρατιωτών και δημόσιων αρχών να σωθούν ζωές ανθρώπων και της περιουσίας τους. Η 3D χαρτογράφηση ήταν κρίσιμη για την οπτικοποίηση και την ταχύτητα.

Μπορεί κανείς να φανταστεί ότι αντίστοιχες μέθοδοι θα εφαρμοστούν στο μέλλον ευρέως και σε άλλους τομείς που απαιτούν αποτύπωση εδάφους, κτιρίων αρχαιολογία και πολλούς άλλους.

2.8. Εκπαίδευση

Η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί σαφώς να χρησιμοποιηθεί και για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Το 6.4% των χρηστών της τεχνολογίας προέρχεται από τα ακαδημαϊκά ιδρύματα,

Με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας οι μαθητές μπορούν να σχεδιάζουν και να κατασκευάζουν αντικείμενα στον χώρο της τάξης. Με αυτόν τον τρόπο, η δημιουργική φαντασία τους μπορεί να εξασκηθεί με άμεσο τρόπο. Σε αυτές τις συνθήκες ανθίζει η δημιουργικότητα, η συνεργατικότητα, αυξάνεται η διασκέδαση, η διαδραστικότητα και δημιουργείται σύνδεση με τη σύγχρονη τεχνολογία. Επίσης οι μαθητές εκπαιδεύονται από νωρίς σε τομείς μηχανικής και τρισδιάστατου τρόπου σκέψης. Επιπλέον οι καθηγητές μπορούν να δημιουργήσουν αντικείμενα με σύνθετες γεωμετρίες και να τα χρησιμοποιήσουν για να απεικονίσουν έννοιες ή φαινόμενα τα οποία είναι δύσκολο να αναλυθούν. (Murray, 2013)

3. Τάσεις που ωθούν την τρισδιάστατη εκτύπωση

3.1. Το κίνημα ανοιχτού κώδικα (open-source movement)

Ο όρος «Open-source» είναι περισσότερο γνωστός από τη σύνδεσή του με τα δωρεάν διαθέσιμα λογισμικά όπως το Linux, Android και Apache. Η φιλοσοφία πίσω από τα λογισμικά ανοικτού κώδικα είναι ότι οι πληροφορίες θα πρέπει να μοιράζονται ελεύθερα σε μια κοινότητα συνεισφερόντων, που εργάζονται από κοινού για να βελτιώσουν το προϊόν και να διαθέσουν το έργο τους στην κοινότητα για ελεύθερη χρήση. Ένα σημαντικό παράδειγμα που δείχνει και τη δύναμη αυτής της φιλοσοφίας, είναι το Wikipedia, το οποίο δια μέσω της συνεισφοράς εκατομμυρίων ανθρώπων, έχει γίνει η πιο διαδεδομένη εγκυκλοπαίδεια σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι ελεύθερα διαθέσιμη σε δεκάδες γλώσσες ενώ αυτές που είναι με πληρωμή (όπως η εγκυκλοπαίδεια Britannica) έχουν παροπλιστεί από το ευρύ κοινό.

Παρομοίως, ο όρος «ανοιχτός σχεδιασμός» αναφέρεται στη δημιουργία φυσικών προϊόντων, μηχανημάτων, εξαρτημάτων και εν γένει συστημάτων με τη χρήση σχεδίων τα οποία είναι δωρεάν διαθέσιμα σε όλους και επίσης με τη χρήση open-source λογισμικών.

Στα μέσα της δεκαετίας του 2000, τέθηκαν σε λειτουργία τεχνολογίες ανοιχτού σχεδιασμού. Το 2005, το Πανεπιστήμιο Bath στην Αγγλία ξεκίνησε το RepRap project το οποίο βασίζεται κυρίως στην τεχνική Fused Filament Fabrication (FFF) (στην ουσία ίδια με τη FDM απλά για να αποφευχθεί η παραβίαση του εμπορικού σήματος). Ο RepRap είναι ο πρώτος αυτό-αναπαραγόμενος τρισδιάστατος εκτυπωτής και συνολικά το πρώτο αυτό-αναπαραγόμενο μηχάνημα. Έχει τη δυνατότητα να κατασκευάσει την πλειονότητα των βασικών εξαρτημάτων του. Έπειτα τα κομμάτια μπορούν να συναρμολογηθούν με σκοπό να δημιουργηθεί ένα ακριβές αντίγραφο του αρχικού εκτυπωτή. Αυτό σημαίνει πως εάν κάποιος κατασκευάσει έναν εκτυπωτή RepRap, έχει τη δυνατότητα να αναπαράγει κι άλλους και να τους δίνει όπου θέλει. (Drummond, 2013)

Κατά αυτόν τον τρόπο, ξεκίνησε η επανάσταση στον κλάδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης και δημιουργήθηκαν πολλοί εκτυπωτές χαμηλού κόστους καθώς πριν από την εμφάνιση των συστημάτων ανοικτού κώδικα, οι εκτυπωτές ήταν συνήθως πολύ ακριβοί και προοριζόνταν μόνο για βιομηχανική χρήση.

Ένα χρόνο αργότερα, το πανεπιστήμιο Cornell ξεκίνησε μια άλλη open-source συνεργασία και κοινότητα που την ονόμασε Fab@Home, που έκανε ευρέως γνωστή την τεχνολογία της τρισδιάστατης τεχνολογίας στον κόσμο. Ο Fab@Home ήταν ο πρώτος εκτυπωτής που μπορούσε να χρησιμοποιεί μία ευρεία ποικιλία υλικών αλλά

κυρίως ήταν εύκολα παραμετροποιήσιμος επιτρέποντας στα μέλη της να συμβάλλουν στην εξέλιξη του προϊόντος δίνοντας νέα ώθηση στην τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Στα τέλη του 2008, ο Zach Smith, ένας από τους συνεισφέροντες του RepRap, ξεκίνησε την open source ιστοσελίδα Thingiverse, επιτρέποντας στους χρήστες να ανεβάσουν ψηφιακά σχέδια και να τα κάνουν διαθέσιμα σε οποιονδήποτε θελήσει να τα εκτυπώσει. Ακολουθώντας το μοντέλο της Thingiverse δημιουργήθηκαν και άλλοι διαδικτυακοί ιστότοποι.

Με έναυσμα το RepRap και το Fab@Home δημιουργήθηκαν πολλές διαδικτυακές κοινότητες όπου μηχανικοί, εφευρέτες, καλλιτέχνες, φοιτητές και ερασιτέχνες μπορούν να αλληλοεπιδρούν και να παράγουν τα δικά τους μηχανήματα και προϊόντα. Με αυτές τις κοινότητες μειώθηκαν σημαντικά τα όρια της συγκεκριμένης τεχνολογίας καθώς έγινε προσβάσιμη σε ένα ευρύ κοινό, μειώθηκε σημαντικά το κόστος κατασκευής εκτυπωτών και ωθήθηκε σημαντικά η παραγωγή εκτυπωτών για προσωπική χρήση. Πολλοί κατασκευαστές εκτυπωτών για προσωπική χρήση, όπως για παράδειγμα η MakerBot Industries που πλέον συγκαταλέγεται και στις μεγαλύτερες του κλάδου, ξεκίνησαν τις δραστηριότητές τους από έργα ανοικτού κώδικα (Drummond, 2013)

Το 2011, στις ΗΠΑ ο οργανισμός Defense Advanced Research Projects (DARPA) στράφηκε προς το κοινό για το σχεδιασμό του οχήματος που θα αντικαθιστούσε το θρυλικό, για τον Αμερικάνικο στρατό, Humvee. Σε συνεργασία με την αυτοκινητοβιομηχανία Local Motors διεξήχθη ένας διαγωνισμός σχεδίου για το βοηθητικό όχημα πολέμου (XC2V) “Experimental Crowd-derived Combat-support Vehicle.

Σε μια εντυπωσιακή επίδειξη της δύναμης και του ενθουσιασμού της κοινότητας του ανοικτού σχεδιασμού, η Local Motors μετέτρεψε το νικητήριο σχέδιο σε ένα λειτουργικό πρωτότυπο μέσα σε μόλις 14 εβδομάδες, δηλαδή περίπου στο ένα πέμπτο του μέσου χρόνου της παραγωγής πρωτότυπων με κλασικές μεθόδους.

3.2. Οι επενδύσεις του λαού του διαδικτύου (crowd funding - crowd sourcing)

Παρόλο που το χαμηλό κόστος των εκτυπωτών και η εύκολη πρόσβαση σε λογισμικά έχουν μειώσει τους φραγμούς εισόδου σε νέες επιχειρήσεις στην αγορά, εξακολουθεί να υπάρχει ανάγκη για χρηματοδοτικές πρωτοβουλίες.

Σήμερα, έχουν δημιουργηθεί εταιρείες οι οποίες βοηθούν στη χρηματοδότηση επιχειρήσεων που θέλουν να ξεκινήσουν την πορεία τους. Μία τέτοια είναι η Kickstarter που είναι μια επενδυτική εταιρεία που χρησιμοποιεί κεφάλαια που

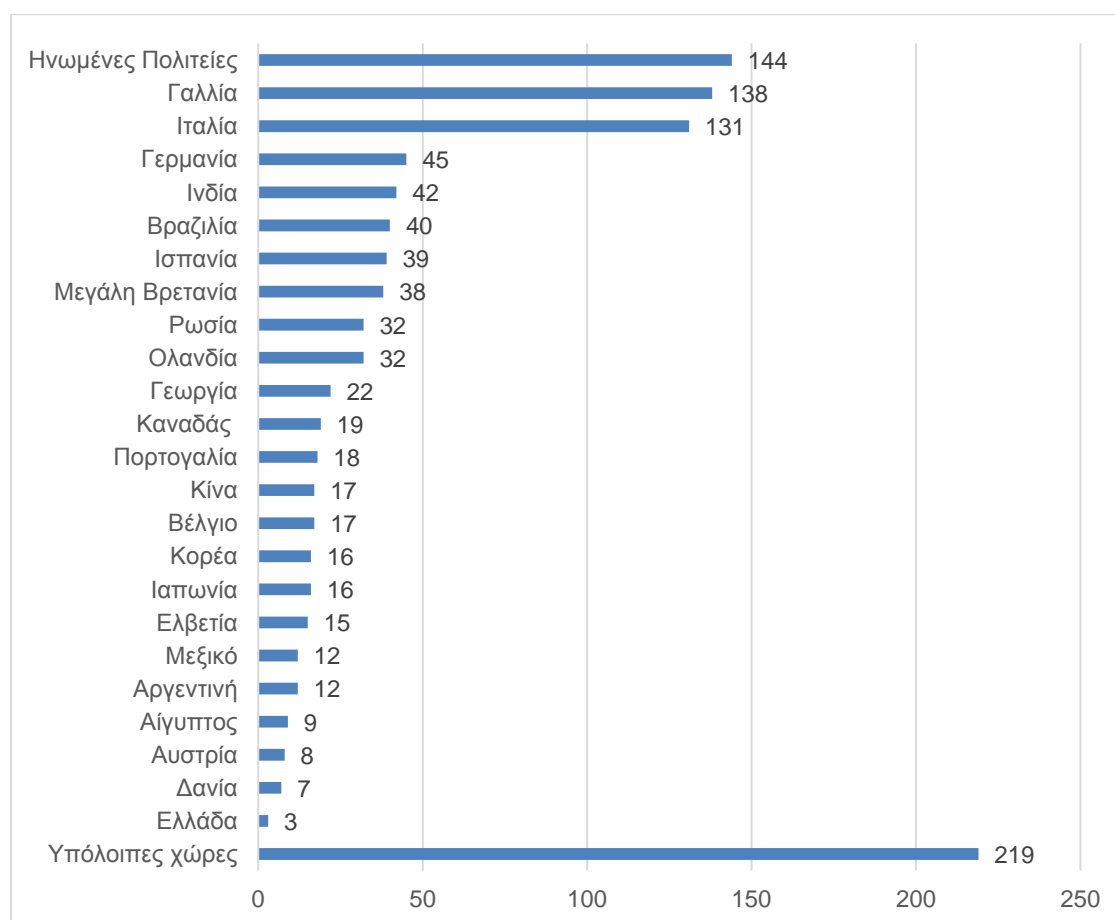
προέρχονται από συνεισφορές μεγάλου αριθμού ανθρώπων (crowd-funding). Ο διαδικτυακός χώρος της Kickstarter επιτρέπει την ανάδειξη και τη διαφήμιση των ιδεών των ανθρώπων με σκοπό την εύρεση χρηματοδότησης που συνήθως θα προέρχεται από πολλούς μικρούς επενδυτές. Το αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις είναι εντυπωσιακό.

Ένα παράδειγμα είναι η Formlabs που είχε θέσει ως στόχο σε 30 ημέρες να συγκεντρώσει χρηματοδότηση ύψους 100.000\$. Όμως δεν περίμεναν πως θα ξεπερνούσαν το στόχο τους σε μόλις 3 ημέρες. Εν τέλει η χρηματοδότησή της μέσω της kickstarter έφτασε στα 3 εκατομμύρια δολάρια.

3.3. Κουλτούρα: «Φτιάξε το μόνος σου»

Το κίνημα «κατασκευαστής» (maker movement) είναι ένα γκρουπ καλλιτεχνών, μηχανικών, μαστόρων, επιχειρηματιών και οποιοδήποτε άλλου ενδιαφέρεται για την κουλτούρα «φτιάξε το μόνος σου» (do it yourself ή αλλιώς DIY). Το κίνημα αυτό δημιουργήθηκε με την εξέλιξη του διαδικτύου, όπου ο καθένας με το πάτημα ενός κουμπιού στο google ή στο youtube, μπορεί να κατασκευάζει, να επιδιορθώνει ή να μαθαίνει να φιλοτεχνεί κάτι για το οποίο λίγα δευτερόλεπτα πριν δεν είχε καμία γνώση. Το κίνημα αυτό τροφοδοτεί την τρισδιάστατη εκτύπωση αλλά τροφοδοτείται και από αυτήν. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές έχουν δημιουργήσει μια νέα γενιά «κατασκευαστών». Αυτούς δηλαδή που χρησιμοποιούν τις διαδικτυακές υπηρεσίες εκτύπωσης 3D ή τον δικό τους χαμηλού κόστους εκτυπωτή για να δημιουργήσουν εξατομικευμένα προϊόντα που απευθύνονται σε ανεκπλήρωτες ανάγκες τους.

Το κίνημα αυτό οδήγησε και στην εξάπλωση των «Fab lab» (fabrication laboratory) που είναι μικρά εργαστήρια που προσφέρουν παραγωγή αντικειμένων με χρήση ψηφιακής τεχνολογίας. Το πρόγραμμα Fab lab ξεκίνησε από το πανεπιστήμιο MIT. Τα εργαστήρια αυτά είναι συνήθως εξοπλισμένα με εργαλεία που είναι συνδεδεμένα με υπολογιστές και μπορούν να κατασκευάσουν πληθώρα αντικειμένων, χρησιμοποιώντας μεγάλη ποικιλία πρώτων υλών. Τα εργαστήρια αυτά μπορούν λοιπόν να παράξουν «σχεδόν τα πάντα». Παρότι τα FabLab έχουν να ανταγωνιστούν με τα εργοστάσια μαζικής παραγωγής και την οικονομία κλίμακας που αυτά επιτυγχάνουν, έχουν ήδη δείξει την προοπτική να ωθήσουν τους ανθρώπους στο να δημιουργήσουν έξυπνες συσκευές για τους εαυτούς τους. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4, τα fab labs έχουν εξαπλωθεί σε όλο τον κόσμο. Τα περισσότερα βρίσκονται στην Αμερική, την Γαλλία και την Ιταλία. Συνολικά σε όλο τον κόσμο αυτή τη στιγμή υπάρχουν 1092 Fab lab.



Σχήμα 4: Πλήθος FabLabs ανά τον κόσμο

Πηγή: Fablabs, Επεξεργασία συγγραφέα

3.4. Οικονομία διαμοιρασμού (sharing economy)

Η οικονομία διαμοιρασμού αποτελεί έναν διαφορετικό τρόπο διάθεσης και κατανάλωσης αγαθών και υπηρεσιών. Δίνει τη δυνατότητα στους καταναλωτές να συναλλάσσονται μεταξύ τους αξιοποιώντας το διαδίκτυο προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες τους και να εκμεταλλευτούν πόρους και περιουσιακά στοιχεία που έχουν στην κατοχή τους. Πλέον έχει γίνει μέρος τα ζωής μας σε όλους τους τομείς. Τα παραδείγματα είναι πολλά μεταξύ των οποίων είναι η Airbnb, Forky, Uber, Lyft κ.τ.λ. Στο χώρο της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η 3D Hubs.

3.5. Η γενιά των «Millennials»

Πρόκειται για τους ανθρώπους που έχουν γεννηθεί μεταξύ 1981 και 2000. Οι «Millennials» είναι πιο ανεκτικοί στο διαφορετικό και λιγότερο συντηρητικοί και παραδοσιακοί. Λατρεύουν την τεχνολογία. Ζουν με την τεχνολογία. Είναι η i-γενιά. Δεν αντέχουν μακριά από το κινητό τους, το ipad τους, το mp3 τους ή το laptop τους. Και δεν μπορούν να συνεννοηθούν με κανένα που είναι τεχνολογικά ανεπαρκής. Σύμφωνα με έρευνα του Pew Research Center, το 75% των Millennials έχουν προφίλ σε τουλάχιστον ένα δίκτυο κοινωνικής δικτύωσης. Στο facebook, στο

instagram, στο twitter. Το 83% αυτών, κοιμάται με τα κινητά ανοικτά δίπλα στο κρεβάτι τους. Μπορεί τα πιο πάνω να δείχνουν μια υπερβολή, ωστόσο ζούμε στην εποχή της κοινωνικής δικτύωσης και της ηλεκτρονικής επικοινωνίας. Οι Millennials μεγαλώνουν μέσα σε μια κοινωνία όπου η τεχνολογία κυριαρχεί. Η ασύρματη διασύνδεση και επικοινωνία κάνει τον κόσμο τους πιο γρήγορο και πιο αποτελεσματικό. Για τους Millennials η αυτονομία είναι προτεραιότητα. (Φίλιππος Σαββίδης 2014)

3.6. Λήξη διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας

Την δεκαετία του 2010, ένα καθοριστικό ζήτημα στην εξέλιξη της τρισδιάστατης εκτύπωσης υπήρξε η λήξη των πολλών διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας. Η λήξη του διπλώματος ευρεσιτεχνίας της μεθόδου FDM το 2008 πυροδότησε μια νέα γενιά των επιτραπέζιων 3D εκτυπωτών, όπως οι MakerBot, Bits from Bytes και κάποιες άλλες εμπορικές εκδόσεις των συστημάτων RepRap έτσι οι τιμές μειώθηκαν σημαντικά. (Miguel, 2013 Mims, 2013)

Το 2014 έληξε το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας της μεθόδου SLS, γεγονός που σημαίνει πως αυτή η μέθοδος που επιτρέπει τόσο υψηλή ανάλυση είναι πολύ πιο προσιτή για τους απλούς χρήστες. Όσο περνάει ο καιρός θα λήξουν και τα υπόλοιπα διπλώματα ευρεσιτεχνίας κάνοντας ακόμα πιο εύκολη και γρήγορη την εξέλιξη της τεχνολογίας.

Είναι σαφές ότι η απομάκρυνση του εμποδίου της πνευματικής ιδιοκτησίας έχει αυξήσει τον ανταγωνισμό. Έτσι έχουν μειωθεί οι τιμές των εκτυπωτών, κάνοντας τους πιο προσιτούς, από οικονομικής άποψης, στο ευρύ κοινό βοηθώντας στην εξέλιξη της τεχνολογίας. (3ders.org, 2014).

4. Ανάλυση τρισδιάστατης εκτύπωσης

4.1. Πλεονεκτήματα τρισδιάστατης εκτύπωσης

Το στρατηγικό πλεονέκτημα που διαθέτει η τεχνολογία της προσθετικής κατασκευής σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής οφείλεται σε ένα ευρύ φάσμα παραγόντων.

Μαζική προσαρμογή (Mass customization)

Πρώτα από όλα, κατά κύριο λόγο πρόκειται για μια τεχνολογία μαζικής προσαρμογής και εξατομίκευσης (mass customization – personalization) που επιτρέπει την παραγωγή μιας ατελείωτης ποικιλίας εναλλακτικών γεωμετριών, μονομιάς, χωρίς τη χρήση εξειδικευμένων εργαλείων και εξοπλισμού. Έτσι, επιτρέπει την κατασκευή ποικίλων προϊόντων από τον ίδιο εκτυπωτή και κάνει εφικτή την παραγωγή διαφορετικών προϊόντων το ένα μετά το άλλο. Κάτι τέτοιο με τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής είναι ανέφικτο, καθώς η γραμμή παραγωγής πρέπει να προσαρμοστεί και να παραμετροποιηθεί, εάν ένα στοιχείο των προϊόντων χρειασθεί να αλλάξει, απαιτώντας δαπανηρή επένδυση σε εξοπλισμό και πιθανώς αδράνεια του εργοστασίου. (Gibson et al., 2010). Η εξατομίκευση των προϊόντων γίνεται πολύ εύκολη, προκαλώντας τη δημιουργία νέων στρατηγικών και ωθώντας τη συνεργασία των καταναλωτών με τις επιχειρήσεις με σκοπό την συν-δημιουργία προϊόντων.

Τοπικοποίηση παραγωγής (localization)

Δεν είναι δύσκολο να φανταστούμε ένα μελλοντικό εργοστάσιο που μπορεί να κατασκευάσει φλιτζάνια τσάι, εξαρτημάτων αυτοκινήτων και κατά παραγγελία ιατρικά προϊόντα όλα στην ίδια εγκατάσταση μέσω μιας σειράς εκτυπωτών. Αυτή η δυνατότητα είναι που βοηθάει πολύ την μαζική προσαρμογή και εξατομίκευση αλλά και επίσης στην αποκέντρωση της παραγωγής, αφού αυτή η τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να κατασκευάσουν τα προϊόντα τους σε οποιοδήποτε σημείο όπως για παράδειγμα απ' ευθείας στο κέντρο διανομής. (Geraedts et al., 2012; Hopkinson et al., 2006; Walter et al., 2004).

Μείωση διαδικασιών κατασκευής

Η ευελιξία για να δημιουργηθεί ένα ευρύ φάσμα προϊόντων από κάθε μηχάνημα εκτύπωσης, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να πραγματοποιηθεί κοντά στο σημείο κατανάλωσης, συνεπάγεται μια σοβαρή αλλαγή για τις γραμμές διανομής και τα επιχειρηματικά μοντέλα. Πολλά βήματα στον τομέα των προμηθευτικών αλυσίδων μπορεί ενδεχομένως να εξαλειφθούν, συμπεριλαμβανομένης της διανομής, αποθήκευσης και λιανικής πώλησης.

Δεν υπάρχει ανάγκη χρησιμοποίησης εργαλείων και σε πολλές περιπτώσεις κατασκευάζεται κατ' ευθείαν το τελικό προϊόν χωρίς την ανάγκη συναρμολόγησης ή τελικής επεξεργασίας συρρικνώνοντας έτσι το κόστος και τον χρόνο παραγωγής.

Ταχεία προτυποποίηση

Η προτυποποίηση νέων προϊόντων συγκαταλέγεται στις μεγαλύτερες εμπορικές εφαρμογές για την τρισδιάστατη εκτύπωση σήμερα. Η προτυποποίηση δίνει στους σχεδιαστές (και τους πελάτες τους) έναν τρόπο να αγγίξουν και να δουν τα προϊόντα ως έννοιες ή λειτουργικά αντικείμενα από νωρίς, ακόμα και στη φάση σχεδιασμού. Αυτό αποτρέπει κοστοβόρες αλλαγές αργότερα, εξοικονομώντας σημαντικό χρόνο και χρήμα, στην προσπάθεια εισαγωγής ενός νέου προϊόντος στην αγορά. Τυπώνοντας με ταχείς ρυθμούς πρότυπα, οι παραγωγοί μπορούν να συντομεύσουν σημαντικά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της ανάπτυξης ενός προϊόντος.

Ένα παράδειγμα προέρχεται από την Akaishi, μια ιαπωνική εταιρεία παραγωγής ανατομικών παπουτσιών και συσκευών μασάζ. Η εταιρεία διαπίστωσε ότι εκτυπώνοντας πρωτότυπα οι ίδιοι, επιτυγχάνουν να μειώνουν το χρόνο δημιουργίας νέων προϊόντων κατά 90% σε σύγκριση με το να το αναθέτουν σε εξωτερικούς συνεργάτες. Αυτό επιτρέπει στους σχεδιαστές τους να έχουν 100% εμπιστοσύνη στη λειτουργικότητα ενός προϊόντος πριν αυτό φτάσει στους πελάτες.

Επιπλέον με αυτόν τον τρόπο γίνεται πιο εύκολος ο πειραματισμός και η καινοτομία. Για παράδειγμα, με τη χρήση 3D εκτύπωσης, η Bell Helicopter μπορεί και δοκιμάζει τα νέα σχέδια σε ημέρες έναντι εβδομάδων χρησιμοποιώντας παραδοσιακές μεθόδους.

Σήμερα η 3D εκτύπωση χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς για προτυποποίηση αλλά και για απευθείας ψηφιακή παραγωγή.

Νέες σχεδιαστικές δυνατότητες

Η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να ελέγξει πώς ακριβώς εναποτίθενται τα υλικά, καθιστώντας δυνατή τη δημιουργία δομών που δεν μπορούν να παραχθούν χρησιμοποιώντας συμβατικά μέσα. Υπάρχει μία σχεδιαστική ελευθερία να κατασκευασθούν σύνθετες γεωμετρίες με πολύπλοκες εσωτερικές δομές ανοίγοντας νέους κατασκευαστικούς και παραγωγικούς ορίζοντες.

Αποδοτικότητα χρήσης πόρων – Μείωση κόστους

Τα οικονομικά της παραγωγής αλλάζουν επίσης. Η παραγωγή γίνεται λιγότερο εντάσεως εργασίας, χρησιμοποιεί λιγότερο υλικό, έχει μικρότερη φύρα, παράγει λιγότερα απόβλητα, και μπορεί να χρησιμοποιήσει νέα υλικά που είναι ελαφριά και ισχυρά. Ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται, τα προϊόντα που

κατασκευάζονται με τεχνικές εκτύπωσης μπορεί να είναι μέχρι και 65% ελαφρύτερα, αλλά εξίσου ισχυρά με τα παραδοσιακά προϊόντα.

Χρησιμοποίηση ανακυκλώσιμων υλικών

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές μπορούν να χρησιμοποιήσουν ανακυκλώσιμα υλικά με την κατάλληλη διεργασία πρώτα βέβαια. Υπάρχουν όμως ήδη στην αγορά μηχανήματα που μετατρέπουν αποβληθέν πλαστικό σε πρώτη ύλη για τους εκτυπωτές.

Παραγωγή μικρών ποσοτήτων προϊόντων

Η μαζική παραγωγή έχει πολύ υψηλό αρχικό κόστος και ως εκ τούτου καθίσταται κερδοφόρα μόνο μετά από ένα ορισμένο ποσό παραγόμενων και πωλημένων μονάδων. Όσο περισσότερες μονάδες παράγει το εργοστάσιο, τόσο χαμηλότερο είναι το μέσο κόστος του. Αυτό ονομάζεται οικονομία κλίμακας.

Δεν θα είχε κανένα νόημα από οικονομική άποψη, να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία μαζικής παραγωγής για την παραγωγή μιας μονάδας μόνο μία φορά. Το μοναδιαίο κόστος θα ήταν τεράστιο.

Ωστόσο, η 3D εκτύπωση είναι ιδανική για την κατασκευή μικρών παρτίδων. Η τρισδιάστατη εκτύπωση δεν μπορεί να ανταγωνιστεί με τεχνολογίες μαζικής παραγωγής, όταν πρόκειται για μεγάλες ποσότητες πανομοιότυπων προϊόντων. Αυτό που κάνει είναι να προσφέρει μια μέθοδο παραγωγής σε εξειδικευμένα προϊόντα.

4.2. Εμπόδια στον κλάδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης

Εκτός του ότι δύσκολα η τρισδιάστατη εκτύπωση θα φτάσει να είναι καλύτερη στον τομέα της μαζικής παραγωγής από τις υφιστάμενες τεχνολογίες, υπάρχουν κι άλλα εμπόδια που θα πρέπει να προσπελασθούν έτσι ώστε να διεισδύσει περισσότερο στις αγορές.

Περιορισμένη αξιοπιστία διαδικασιών: Υπάρχει ανάγκη από περισσότερες μεθόδους ελέγχου και παρακολούθησης για να αντιμετωπιστούν των εμπλοκών και της έλλειψης συνέπειας και σταθερότητας κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Επιπλέον σε πολλές περιπτώσεις χρειάζεται μετεπεξεργασία για να τηρεί τις απαιτούμενες προδιαγραφές το τελικό προϊόν.

Περιορισμοί που σχετίζονται με τα υλικά: Τα υλικά δεν είναι πάντα βελτιστοποιημένα για διαδικασίες τρισδιάστατης εκτύπωσης και δεν είναι επαρκώς ισχυρά και ανθεκτικά (AM SIG, 2012). Επιπλέον, η επιλογή υλικού περιορίζεται κυρίως στα πολυμερή και σε μερικούς τύπους μετάλλων. Νέες ανακαλύψεις υλικών απαιτούνται για να αυξηθεί η υιοθέτηση της τεχνολογίας (AM Platform, 2014).

Υψηλό κόστος: Εξ' αιτίας του χαμηλού ρυθμού κατασκευής και των ακριβών υλικών, η τρισδιάστατη εκτύπωση ταιριάζει σε μικρές παρτίδες παραγωγής. Επιπλέον, η αρχική επένδυση για αγορά εκτυπωτή, σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο (Shipp, et al., 2012; AM SIG, 2012). Για παράδειγμα οι εκτυπωτές που έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν πολλές πρώτες ύλες ταυτόχρονα και να τυπώνουν με χρώμα, όπως για παράδειγμα ο Connex3 της Stratasys, δεν είναι προσβάσιμοι στον μέσο καταναλωτή. Ο εκτυπωτής μαζί με τις πρώτες ύλες ζυγίζει γύρω στα 500 κιλά και κοστίζει 240.000€.(Stratasys 2014; 3ders 2014)

Δημιουργία ενεργών εξαρτημάτων: Όλοι οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές έχουν τον ίδιο περιορισμό. Δεν μπορούν να κατασκευάσουν αντικείμενα τα οποία για παράδειγμα θα έχουν ενσωματωμένα ηλεκτρικά κυκλώματα ή σπίτι το οποίο θα έχει ενσωματωμένες τις σωληνώσεις. Ο Neil Gershenfeld θεωρεί πως αυτό το εμπόδιο είναι το πιο σημαντικό αλλά και το τελευταίο. Εφόσον ξεπεραστεί αυτό, τότε η τρισδιάστατη εκτύπωση θα έχει πολύ σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των παραδοσιακών μεθόδων.

Περιορισμένη πρόσβαση σε δεδομένα: Υπάρχει περιορισμένη πρόσβαση σε δεδομένα που αφορούν υλικά, τρισδιάστατα εκτυπωμένα εξαρτήματα και παραμέτρους διαδικασιών (AM Platform, 2014; AM SIG, 2012).

Θέματα πνευματικής ιδιοκτησίας: Η κλοπή πνευματικής ιδιοκτησίας γίνεται πιο εύκολη, καθώς τα σχέδια είναι πιο εύκολο να αντιγραφούν.

Λογισμικά και 3D σαρωτές: Αν και το να εκτυπώσει κάποιος με τρισδιάστατο εκτυπωτή δεν διαφέρει σε τίποτα από το να το πράξει σε δυσδιάστατο, ο σχεδιασμός του προϊόντος στην πραγματικότητα δεν είναι εύκολη αποστολή. Αν και όπως αναφέρθηκε οι διαδικασίες τρισδιάστατης μοντελοποίησης έχουν απλοποιηθεί, εξακολουθούν να είναι σύνθετες και απαιτούν τριβή και εξάσκηση. Ένας μέσος καταναλωτής θα καταφέρει να δημιουργεί απλά σχέδια, αλλά το αποτέλεσμα λογικά θα είναι πολύ χειρότερο από το αντίστοιχο ενός επαγγελματία σχεδιαστή.

4.3. Κριτική

Πάρα την επικρατούσα άποψη πως η εφαρμογή της τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να μειώσει τη μόλυνση του περιβάλλοντος, υπάρχει και η αντίθετη άποψη. Υπάρχει ενδεχόμενο να αυξηθεί η ανάγκη για ενέργεια, να ενταθεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, και τα απόβλητα. Είναι σαφές πως στις περισσότερες περιπτώσεις μειώνει την κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια παραγωγής. Όμως κατά τη χρήση των τεχνολογιών αυτών υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη από βοηθητικές

υποδομές, όπως για παράδειγμα οι υπολογιστές που έχουν τα δεδομένα (data Servers), οι οποίοι λειτουργούν σε καθημερινή βάση εικοσιτέσσερις ώρες το εικοσιτετράωρο και απαιτούν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. (Faludi, 2013).

Παρά τα ενθαρρυντικά παραδείγματα μείωσης των αποβλήτων, κάποιοι ειδική εκφράζουν τις ανησυχίες τους πως υπάρχει ενδεχόμενο αύξησης αυτών. Ο Jeremy Faludi, ο οποίος μελετάει τον περιβαλλοντολογικό αντίκτυπο των τεχνολογιών της τρισδιάστατης εκτύπωσης στο πανεπιστήμιο Berkeley, διεξήγαγε έρευνα και διαπίστωσε πως κάποιες μέθοδοι τρισδιάστατης εκτύπωσης έχουν έως και 40% φύρα πρώτης ύλης. Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις μάλιστα η φύρα δεν είναι ανακυκλώσιμη. Αυτό συμβαίνει διότι ενώ σε γενικές γραμμές τα θερμοπλαστικά μπορούν να θερμανθούν και ύστερα να ξαναχρησιμοποιηθούν, από ένα σημείο κι έπειτα η χημική δομή τους καταρρέει. (Faludi, 2013). Βέβαια η έρευνά του επιβεβαίωσε πως η μέθοδος FDM προκαλεί αμελητέα απόβλητα.

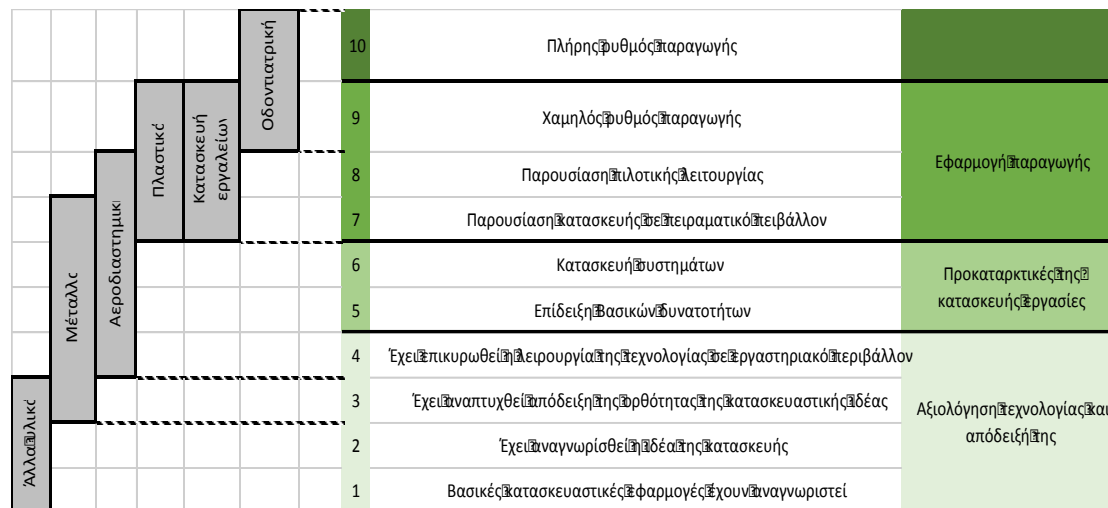
Κάποιοι άλλοι ειδικοί ανέφεραν το γεγονός ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να εντείνει την περιβαλλοντική μόλυνση επειδή θα κάνει εύκολη και πιθανώς αλόγιστη την κατασκευή ανούσιων μικροαντικειμένων. Αυτό το φαινόμενο αναφέρεται στους καταναλωτές που θα μπορούν να παράξουν μαζικά αντικείμενα τα οποία πιθανώς να μην έχουν καμία απολύτως χρησιμότητα και σε περίπτωση μη ύπαρξης της τρισδιάστατης εκτύπωσης δεν θα κατασκευάζονταν.

Μία άλλη παράμετρος είναι το γεγονός ότι με τους χαμηλού κόστους τρισδιάστατους εκτυπωτές, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα κατασκευής ελαττωματικών προϊόντων σε σχέση με τη βιομηχανικούς.

Τέλος το πιο πιθανό είναι να παραχθεί μεγάλη ποσότητα ηλεκτρονικών σκουπιδιών. (e-waste).

4.4. Βαθμός ετοιμότητας τεχνολογίας

Ο βαθμός ωριμότητας μιας εξελισσόμενης μεθόδου κατασκευής μπορεί να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας το «επίπεδο κατασκευαστικής ετοιμότητας» (Manufacturing Readiness Level) (MRL), το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως από κυβερνητικές υπηρεσίες και μεγάλες επιχειρήσεις. Το MRL επί της ουσίας δείχνει το κατά πόσο μακριά είναι μια τεχνολογία από την εφαρμογή. Μια τεχνολογία πρέπει να περάσει από το στάδιο του πειραματισμού, των βελτιώσεων και των δοκιμών σε πραγματικές συνθήκες προτού διατεθεί για ευρεία χρήση. Το MRL χωρίζεται σε τρεις φάσεις οι οποίες αποτελούνται από δέκα επίπεδα. Το επίπεδο ένα είναι το λιγότερο ώριμο και το 10 το περισσότερο ώριμο.



Σχήμα 5: Επίπεδο κατασκευαστικής ικανότητας τεχνολογίας

ΠΗΓΗ: AM Platform (2014) και Rolland Berger Strategy Consultants (2013),
Επεξεργασία συγγραφέα

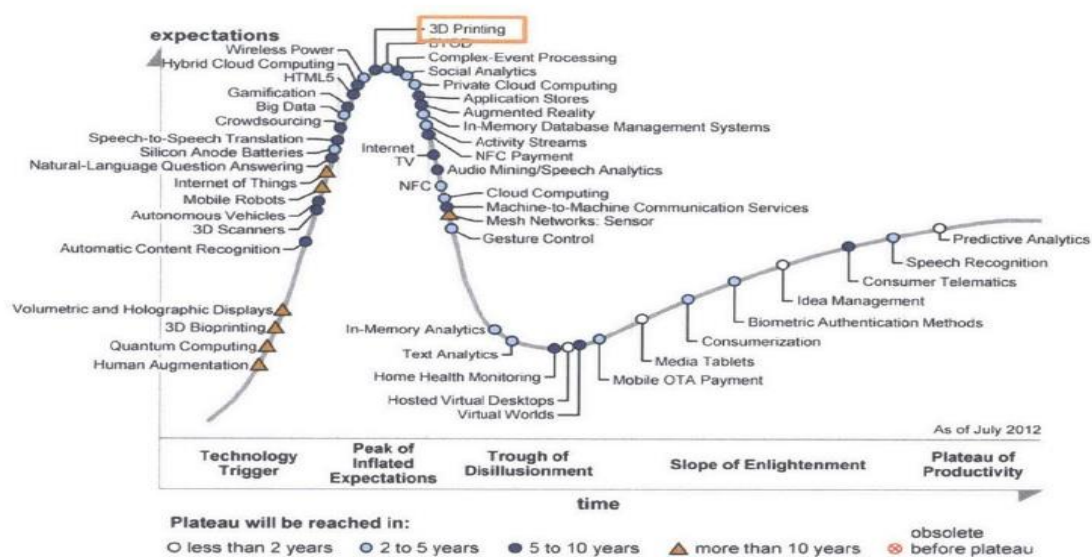
Όπως φαίνεται στο σχήμα 5, υπάρχουν εφαρμογές τρισδιάστατης εκτύπωσης σε κάθε επίπεδο του MRL. Δηλαδή εφαρμογές οι οποίες είναι ακόμα στο στάδιο της έρευνας και άλλες οι οποίες είναι έτοιμες για εφαρμογή. Πολλές εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί και περιμένουν εκμετάλλευση βρίσκονται στο επίπεδο 4. Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν πλαστικά είναι σε γενικές γραμμές σε υψηλότερο επίπεδο (7 – 9) ετοιμότητας σε σχέση με εφαρμογές που χρησιμοποιούν μέταλλα (3 – 7). Ο κλάδος των οδοντιατρικής είναι στο υψηλότερο επίπεδο ετοιμότητας. (Roland Berger Strategy Consultants, 2013), ακολουθούμενος από τη βιομηχανία παραγωγής εργαλείων.

Θεωρείται πως είναι ιδιαίτερα δύσκολο για μια νέα τεχνολογία να ανέβει πάνω από τα επίπεδα 4 έως 6, που είναι γνωστά ως «κοιλιά του θανάτου». Ενώ η εφαρμοσιμότητα των εφαρμογών μπορεί εύκολα να αποδειχθεί στα εργαστήρια, απαιτεί πολύ περισσότερη εξέλιξη και επένδυση έτσι ώστε να επιτευχθεί η ικανότητα και η σταθερότητα σε επίπεδα πλήρους παραγωγής.

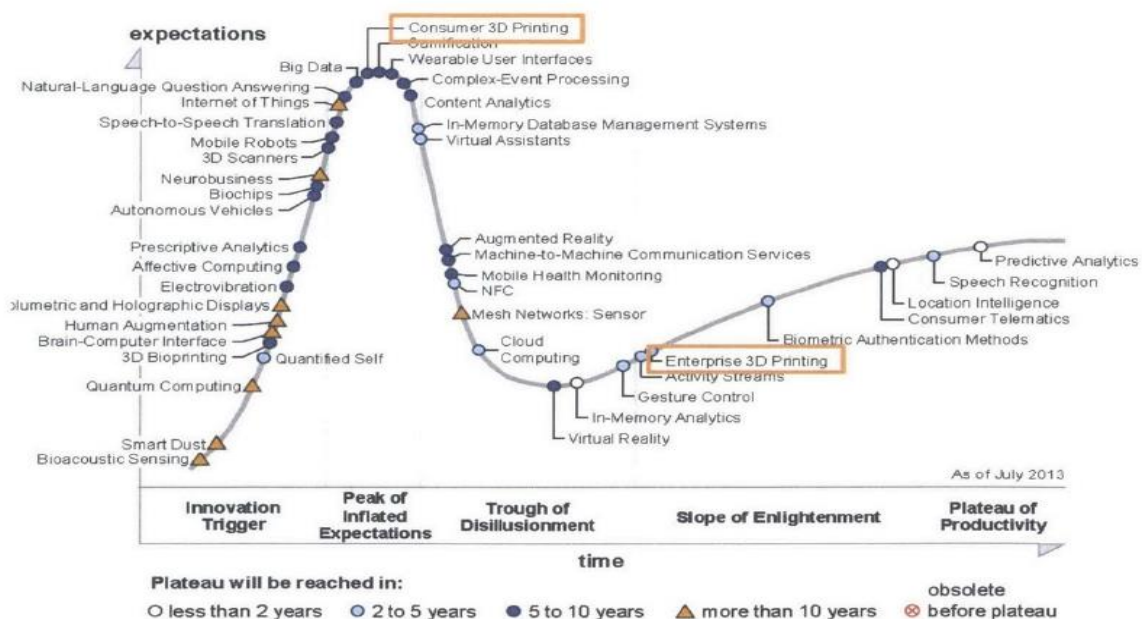
4.5. Κύκλος Gartner (Gartner's Hype Cycle)

Ο κύκλος Gartner παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις εκτιμήσεις όσον αφορά την ωριμότητα, το επιχειρηματικό κέρδος και την μελλοντική πορεία σε πάνω από 2000 τεχνολογίες, ομαδοποιημένες σε 98 τομείς. Στα σχήματα 6 και 7 φαίνεται ο κύκλος Gartner για τις αναδυόμενες τεχνολογίες το 2012 και το 2013. Η τρισδιάστατη εκτύπωση, τα τελευταία χρόνια ανεβαίνει σταδιακά στην κορυφή των «διογκωμένων προσδοκιών» (Inflated Expectations). Έχει ενδιαφέρον η σύγκριση του κύκλου του

2012 σε σχέση με το 2013 . Το 2012 η 3D εκτύπωση ήταν σχεδόν στο σημείο καμπίς από την κορυφή των προσδοκιών προς την «πορεία της απογοήτευσης». Το 2013 ενδιαφέρον έχει το γεγονός του διαχωρισμού της τρισδιάστατης εκτύπωσης σε καταναλωτική και βιομηχανική. Το 2013 η 3D εκτύπωση που προορίζεται για καταναλωτική χρήση παρέμεινε στην κορυφή των διογκωμένων προσδοκιών ενώ η βιομηχανική είχε περάσει στο στάδιο του «διαφωτισμού» και αναμενόταν να φτάσει στο στάδιο της σταθερής παραγωγικότητας τα επόμενα δύο με πέντε χρόνια.

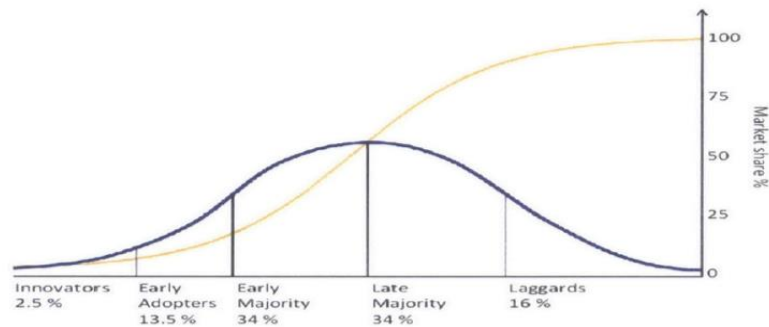


Σχήμα 6: Κύκλος Gartner - Αναδυόμενες τεχνολογίες το 2012



Σχήμα 7: Κύκλος Gartner - Αναδυόμενες τεχνολογίες το 2013

Όταν η τεχνολογία φτάσει στο στάδιο της σταθερής παραγωγικότητας, αναμένεται να ακολουθήσει μία τυποποιημένη καμπύλη «S curve», όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 8, απλά μετατοπισμένη χρονικά λόγω της αργής, έως τώρα, εξέλιξής της. Η «S curve» δείχνει την υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών συνδέοντας την τμηματοποίηση της αγοράς με την αύξηση του μεριδίου της αγοράς που καταλαμβάνει η εκάστοτε τεχνολογία.



Σχήμα 8: S curve για υιοθέτηση τεχνολογίας

Πηγή: Varun Bhasin & Muhammad Raheel Bodla

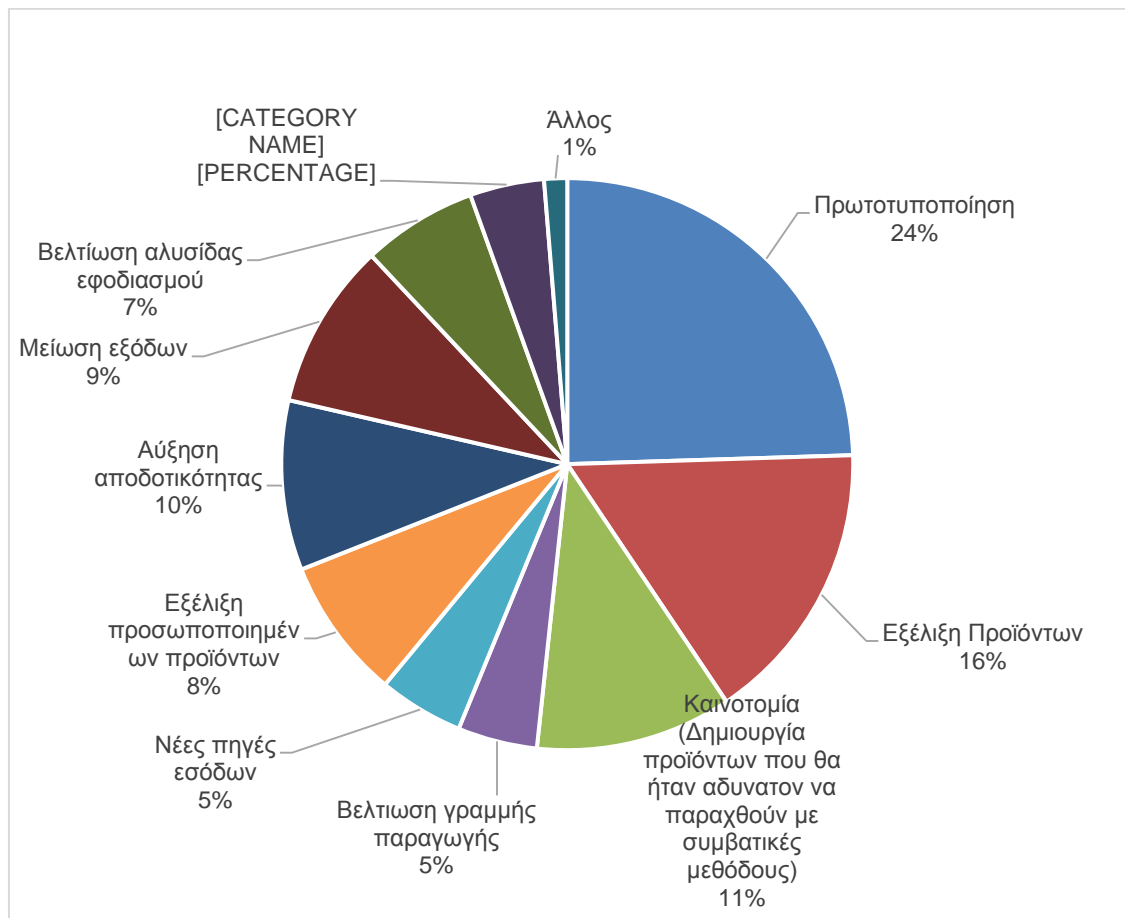
4.6. Λόγοι υιοθέτησης τρισδιάστατης εκτύπωσης

Όπως είναι φυσικό, εξαιτίας της φύσης της, η τεχνολογία εκτύπωσης πρώτα άρχισε να χρησιμοποιείται στη βιομηχανία παραγωγής. Παραγωγή εξαρτημάτων σε μικρές ποσότητες, πολύπλοκες γεωμετρίες, δημιουργία ελαφρύτερων εξαρτημάτων, μείωση της φύρας πρώτων υλών, περισσότερες δυνατότητες σχετικά με τις δοκιμές, το σχεδιασμό και η παραμετροποίηση είναι οι συνήθεις λόγοι για την υιοθέτηση προσθετικής κατασκευής σε βιομηχανικό περιβάλλον παραγωγής.

Επιπλέον, οι παραγωγοί μπορεί να προτιμούν την τρισδιάστατη εκτύπωση για να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν φθηνότερες πρώτες ύλες ή για να εξασφαλίζουν ορισμένες φυσικές ιδιότητες με τη μείξη διαφορετικών πρώτων υλών.

Ένας άλλος λόγος είναι η δυνατότητα μείωσης της πολυπλοκότητας των αλυσίδων εφοδιασμού. Οι εταιρείες μπορούν να παράγουν με ίδιους πόρους εξαρτήματα (in-house), που στο παρελθόν θα αναγκάζονταν να προμηθευτούν από εξωτερικούς συνεργάτες.

Ως αποτέλεσμα, η 3D εκτύπωση μπορεί να παρέχει την ευκαιρία στους κατασκευαστές να αποκτήσουν πλεονεκτήματα κόστους, τη βελτίωση των διεργασιών και των προϊόντων τους αλλά και την ταχύτητα σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Πλέον φαίνεται εφικτό, η τεχνολογία, να χρησιμοποιηθεί σε οποιονδήποτε τομέα υπάρχει κατασκευή φυσικού αντικειμένου.



Σχήμα 9: Λόγοι υιοθέτησης τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης

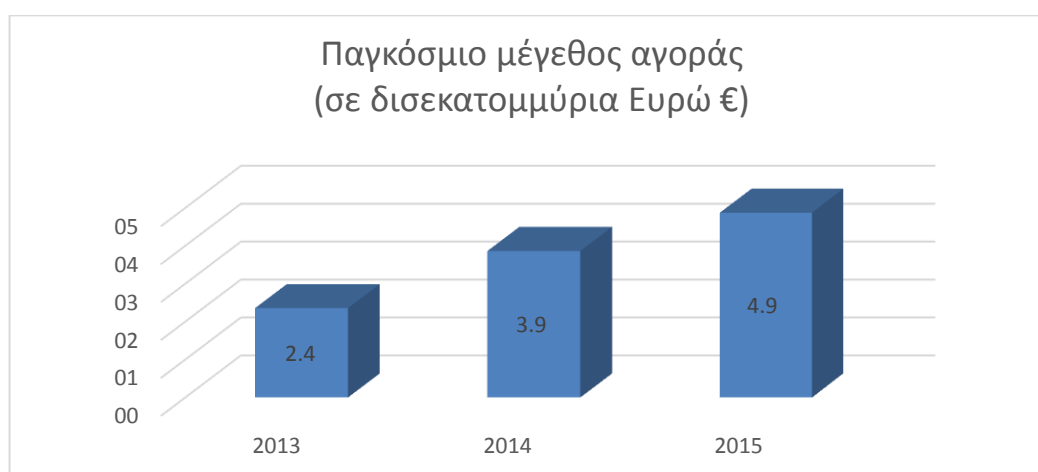
Πηγή: Gartner 2014, Επεξεργασία συγγραφέα

Σύμφωνα με στοιχεία από το Gartner, παγκόσμιο ερευνητικό οργανισμό, οι εταιρείες υιοθετούν τρισδιάστατη εκτύπωση σε ποσοστό 24% για να βελτιώσουν τις διαδικασίες πρωτοτυποποίησης προϊόντων και σε ποσοστό 16% για την βελτίωση των διαδικασιών έρευνας και εξέλιξης. Όπως φαίνεται στο σχήμα 9, οι εταιρείες θεωρούν πως με τη χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να επιτευχθεί αύξηση της αποδοτικότητας των παραγωγικών διαδικασιών, να προκύψουν νέες πηγές εσόδων ικανοποιώντας διαφορετικές ανάγκες των καταναλωτών, βελτίωση της αλυσίδας εφοδιασμού και συνεπώς μείωση των εξόδων.

5. Ανάλυση αγοράς

5.1. Οικονομικά μεγέθη

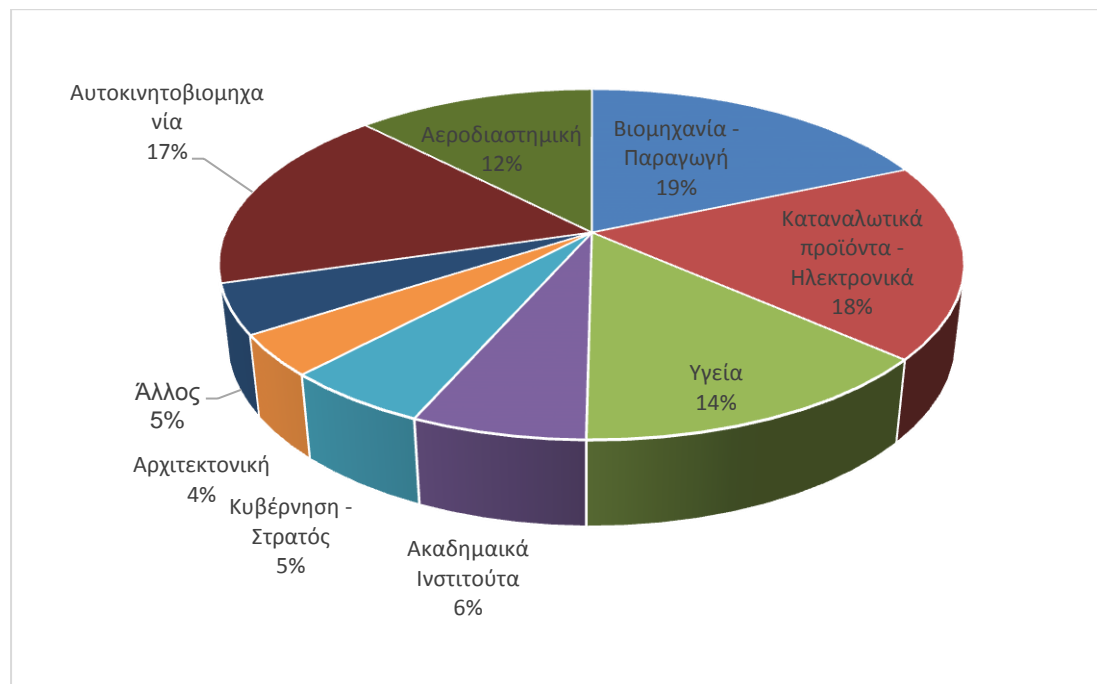
Η αγορά τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι αρκετά διευρυμένη και σχετικά δύσκολο να υπολογιστεί με ακρίβεια. Περιλαμβάνει της εταιρείες κατασκευής και εξέλιξης εκτυπωτών, τις εταιρείες παραγωγής και εξέλιξης υλικών και τις διαδικτυακές κοινότητες που προσφέρουν υπηρεσίες. Ο συνολικός όγκος της αγοράς, όπως φαίνεται στο σχήμα 10 εκτιμήθηκε στα 4,9 δισεκατομμύρια ευρώ το 2015 διπλασιασμένος σε σχέση με το 2013 που ήταν 2,4 δισεκατομμύρια ευρώ και εμφανίζοντας αύξηση 25,6% σε σχέση με το 2014



Σχήμα 10: Παγκόσμιο μέγεθος αγοράς τρισδιάστατης εκτύπωσης

Πηγή: Statista, Επεξεργασία συγγραφέα

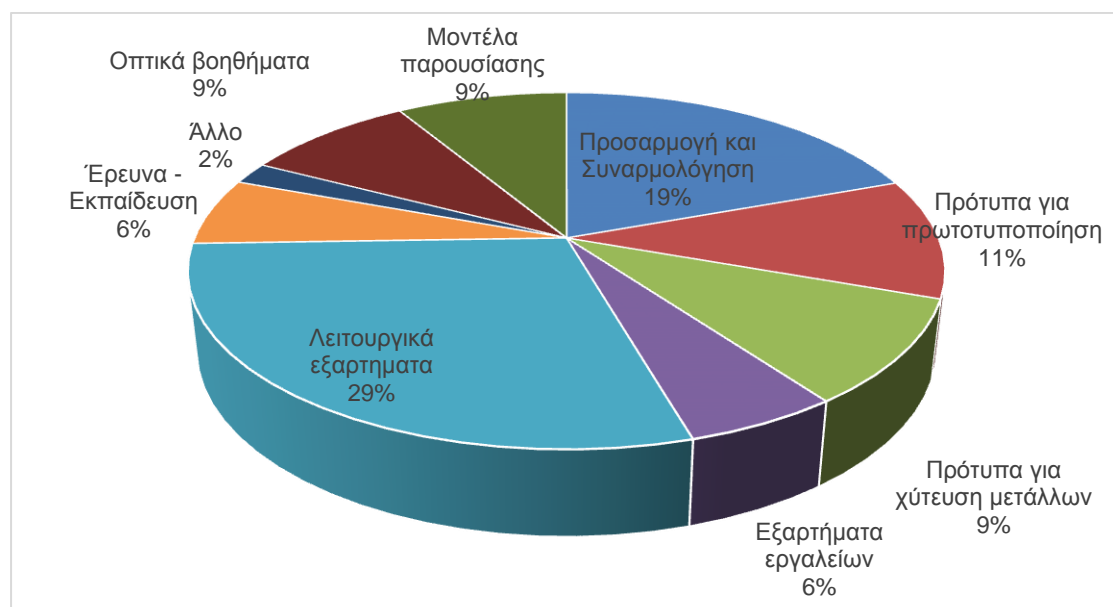
Οι κλάδοι που οδηγούν στην εξάπλωση της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η αυτοκινητοβιομηχανία, η υγεία, η βιομηχανική παραγωγή, η παραγωγή ηλεκτρονικών και καταναλωτικών προϊόντων αλλά και η αεροδιαστημική με ποσοστά που φαίνονται στο σχήμα 11.



Σχήμα 11: Ποσοστά χρηστών μεθόδων τρισδιάστατης εκτύπωσης ανά κλάδο

Πηγή: Wohlers 2014, Επεξεργασία συγγραφέα

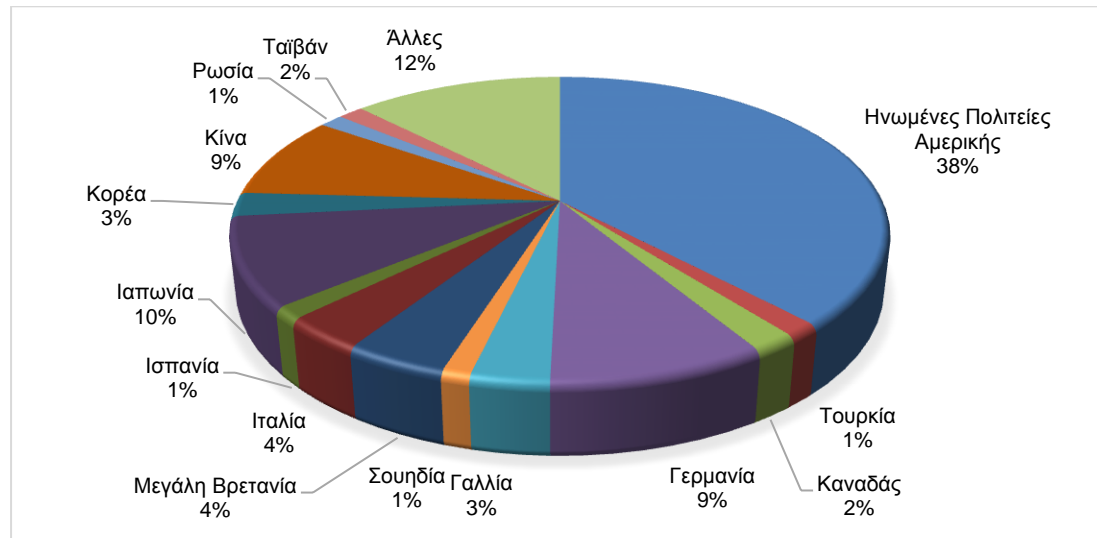
Σήμερα η τρισδιάστατη εκτύπωση χρησιμοποιείται και με άλλους τομείς εκτός από την ταχεία πρωτοτυποποίηση. Όπως φαίνεται στο σχήμα 12 εφαρμόζεται σε ένα ευρύ πεδίο δραστηριοτήτων όπως για παράδειγμα η παραγωγή τελικών προϊόντων (έτοιμα για πώληση) με ποσοστό 29%, η παραγωγή εργαλείων για χρήση σε βιομηχανίες με ποσοστό 6% και 9% για παραγωγή μοντέλων παρουσίασης.



Σχήμα 12: Τομείς στους οποίους χρησιμοποιείται τρισδιάστατη εκτύπωση.

Πηγή: Wohlers 2014, Επεξεργασία συγγραφέα

Διεθνώς το ενδιαφέρον για χρήση τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης αυξάνεται. Σήμερα, όπως φαίνεται στο σχήμα 13, οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και η Ευρώπη είναι οι πιο αναπτυγμένες αγορές όσον αφορά τη χρήση 3D εκτύπωσης για βιομηχανικούς σκοπούς με ποσοστό περίπου 50%. Η Ιαπωνία με 10% και η Κίνα με 9% ακολουθούν.

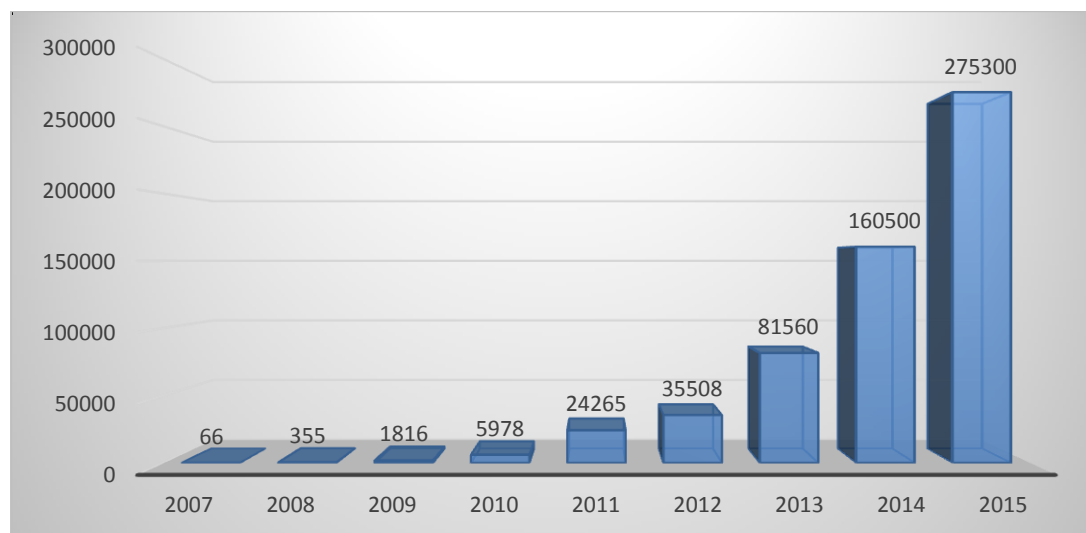


Σχήμα 13: Ποσοστά ανά χώρα χρησιμοποίησης μεθόδων τρισδιάστατης εκτύπωσης για βιομηχανικούς σκοπούς

Πηγή: Wohlers, 2014, Επεξεργασία συγγραφέα

5.2. Πωλήσεις τρισδιάστατων εκτυπωτών

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χαμηλού κόστους, για ιδιωτική χρήση, παρέχονται στην αγορά κυρίως από μικρές επιχειρήσεις που προέρχονται από κινήματα ανοικτού κώδικα. Με την ανάπτυξη των κοινοτήτων ανοιχτού κώδικα και τη λήξη των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, τα τεχνολογικά εμπόδια έχουν μειωθεί σημαντικά και η διανομή τους αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω. Παρά το γεγονός ότι ορισμένες μεγάλες εταιρείες βιομηχανικής παραγωγής τρισδιάστατων εκτυπωτών άρχισαν να τις εξαγοράζουν τα τελευταία χρόνια, οι μικρές επιχειρήσεις εξακολουθούν να είναι οι κυρίαρχοι παίκτες στην παραγωγή συστημάτων για προσωπική χρήση. Στο σχήμα 14 φαίνεται η εξέλιξη των πωλήσεων εκτυπωτών που κόστιζαν κάτω από 5000\$ από το έτος 2007 έως το έτος 2016.

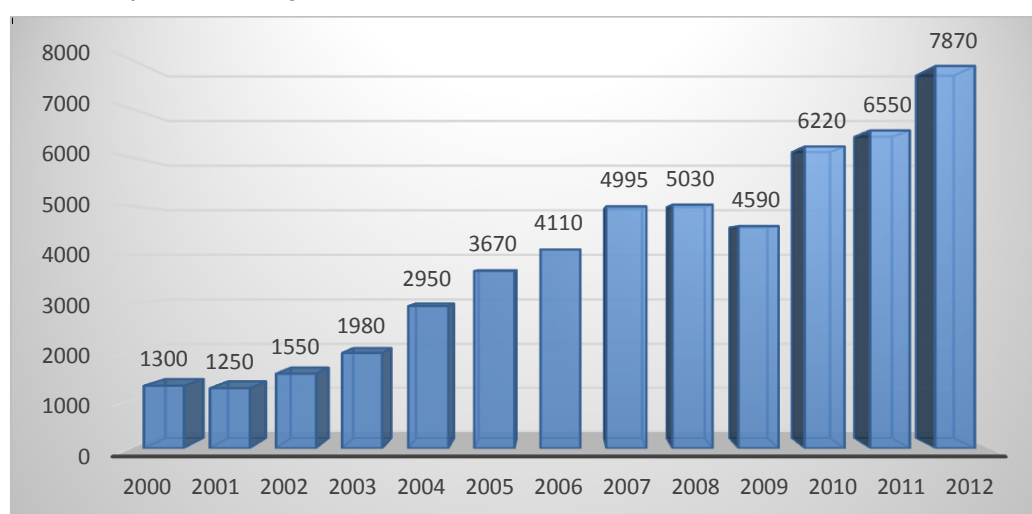


Σχήμα 14: Πωλήσεις εκτυπωτών αξίας κάτω από 5000\$

Πηγή: Wohlers 2016, Επεξεργασία συγγραφέα

Το 2007 πωλήθηκαν συνολικά 66 εκτυπωτές ενώ τα επόμενα χρόνια η αύξηση των πωλήσεων υπήρξε αλματώδης. Το 2014 πωλήθηκαν περίπου 160.500 εκτυπωτές ενώ το 2015 περίπου 275.000 παρουσιάζοντας μια αύξηση της τάξεως του 76%, ενώ μεταξύ των ετών 2007 έως το 2011 υπήρξε αύξηση των πωλήσεων της τάξης του 346%.

Στον τομέα των επαγγελματικών συστημάτων για βιομηχανική χρήση, όπως φαίνεται στο σχήμα 15, η εξέλιξη των πωλήσεων είναι πιο ομαλή καθώς στο συγκεκριμένο χώρο χρησιμοποιείται περισσότερο χρόνια. Ο αριθμός πωλήσεων βέβαια είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με αυτόν των εκτυπωτών χαμηλού κόστους. Το 2012 πωλήθηκαν περίπου 7.900 επαγγελματικά συστήματα έναντι 81.600 χαμηλού κόστους εκτυπωτών.



Σχήμα 15: Πωλήσεις επαγγελματικών εκτυπωτών

Πηγή: Wohlers 2012 - 2013

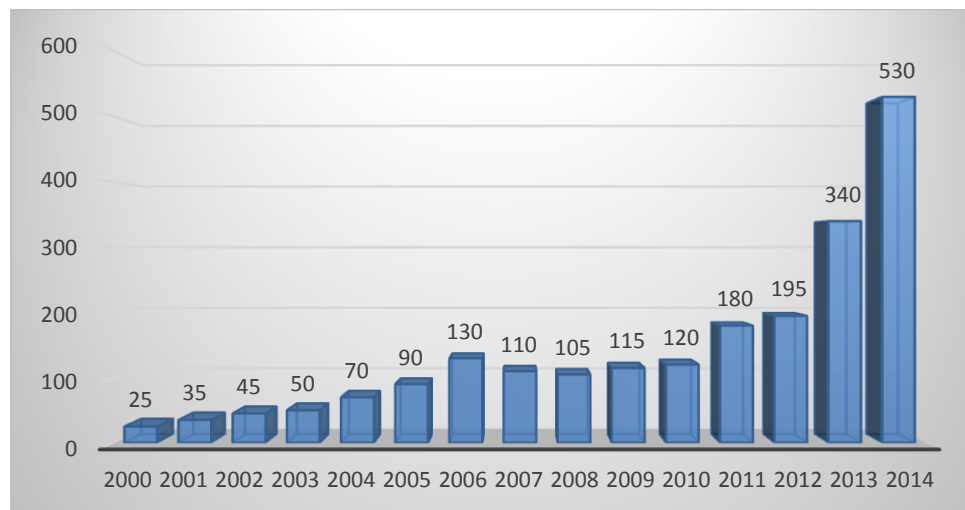
Στο σχήμα 16 φαίνεται πως το 2013 τα έσοδα που προέκυπταν από πωλήσεις εκτυπωτών για προσωπική χρήση αποτελούν το 6.5% των συνολικών πωλήσεων και το υπόλοιπο 93.5% από πωλήσεις εκτυπωτών για βιομηχανική χρήση. Αυτό συμβαίνει διότι παρόλο που ο αριθμός των εκτυπωτών που πωλούνται για επαγγελματική χρήση είναι πολύ μικρότερος, το κόστος αγοράς τους είναι πολύ μεγαλύτερο.



Σχήμα 16: Ποσοστό εσόδων εκτυπωτών χαμηλού κόστους σε σύγκριση με τους επαγγελματικούς

Πηγή: Wohlers 2013

Στο σχήμα 17, αποτυπώνεται η εξέλιξη των πωλήσεων συστημάτων τρισδιάστατης εκτύπωσης για βιομηχανική χρήση, που τυπώνουν μεταλλικά αντικείμενα. Παρατηρούμε πως από το 2000 έως το 2006 υπήρχε σταθερά ανοδική πορεία αριθμού πωλήσεων. Μεταξύ 2006 και 2010 υπήρξε σταθεροποίηση και έπειτα από το 2012 και μετά ραγδαία αύξηση. Πιο συγκεκριμένα από το 2012 έως το 2013 υπήρξε αύξηση πωλήσεων της τάξεως του 76% και μεταξύ 2013 και 2014 της τάξεως του 55%. Το 2014 πωλήθηκαν περίπου 530 συστήματα που εκτυπώνουν μεταλλικά αντικείμενα. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως η κατασκευή μεταλλικών αντικειμένων με χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης, όσο η τεχνολογία βελτιώνεται, αυξάνεται σημαντικά.



Σχήμα 17: Πωλήσεις εκτυπωτών για επαγγελματική χρήση που κατασκευάζουν μεταλλικά αντικείμενα

Πηγή: Wohlers 2015

5.3. Από που προέρχονται τα έσοδα

Σύμφωνα με την Deloitte (2013), στο εγγύς μέλλον, το μεγαλύτερο μέρος των εσόδων της τρισδιάστατης εκτύπωσης θα προέρχεται από τους εμπορικούς χρήστες. Στο παρελθόν μόνο μεγάλες επιχειρήσεις είχαν τα κεφάλαια να επενδύσουν και να εξερευνήσουν για νέα επιχειρηματικά μοντέλα και δυνατότητες μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Αυτό όμως αναμένεται να αλλάξει σημαντικά.

Σύμφωνα με στοιχεία της IBISWorld report, όπως φαίνεται στο σχήμα 18, η μεγαλύτερη πηγή εσόδων για τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στο χώρο της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι πώληση υλικών και αντιστοιχεί στο 40%. Δηλαδή περισσότερα κέρδη σε σχέση με αυτά που προέρχονται από τις πωλήσεις εκτυπωτών οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 36% των κερδών. Μία άλλη κατηγορία εσόδων, που αποτελεί το 25%, προέρχεται από τις υπηρεσίες συντήρησης των 3D εκτυπωτών και την παροχή υπηρεσιών.



Σχήμα 18: Πηγές εσόδων

Πηγή: IBISWorld report 2012

5.4. Ανάπτυξη κλάδου

Σύμφωνα με το Wohlers (2014) αναμένεται ότι το παγκόσμιο μέγεθος της αγοράς προσθετικής κατασκευής, θα αυξηθεί στα 21 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2020. Επίσης, υπολόγισαν πως τα τελευταία 26 χρόνια ο ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης του κλάδου είναι 27%. Σύμφωνα με τη μελέτη οι χαμηλού κόστους εκτυπωτές για προσωπική χρήση συνετέλεσαν σημαντικά σε αυτή την ανάπτυξη.

Η Gartner αναφέρει παρόμοιους αριθμούς στις προβλέψεις της. Αυτές οι προβλέψεις δείχνουν πως υπάρχει συμφωνία μεταξύ των εμπειρογνομώνων στο ότι αυτή η τεχνολογία αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται και στο ότι θα γίνει βασικό στοιχείο της παραγωγής και των μελλοντικών εφοδιαστικών αλυσίδων.

Άλλη μελέτη από το Grand View Research εκτιμά ότι η αυτοκινητοβιομηχανία και η υγειονομική περίθαλψη θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην αύξηση της χρήσης τρισδιάστατης εκτύπωσης. Επιπλέον σύμφωνα με τη μελέτη, ενώ η Βόρεια Αμερική αποτελούσε το 42% της παγκόσμιας αγοράς εκτύπωσης το 2012, η Ευρώπη αναμένεται να την αντικαταστήσει μέχρι το 2020 (Grand View Research, 2013).

Σε μια ολοκληρωμένη μελέτη η, McKinsey Global Institute εκτιμά ότι η 3D εκτύπωση θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα οικονομικό αντίκτυπο μεταξύ 230 και 500 δισεκατομμυρίων δολαρίων ετησίως μέχρι το 2025. Υποστηρίζουν ότι η μεγαλύτερη πηγή αυτής της επίπτωσης θα είναι από τους εκτυπωτές που προορίζονται για απλούς καταναλωτές (\$ 100- \$ 300 δισεκατομμύρια), την άμεση κατασκευή (\$ 100- \$ 200 δις), και τα εργαλεία μαζί με την κατασκευή καλουπιών (\$ 30- \$ 50 δισεκατομμύρια) (McKinsey, 2013).

Για αυτόν ακριβώς το λόγο οι ακαδημαϊκοί και οι διευθυντές των επιχειρήσεων που ασχολούνται με την αλυσίδα εφοδιασμού πρέπει να παρακολουθούν στενά τις τάσεις και τις εξελίξεις αυτής της τεχνολογίας. Η συνεχιζόμενη αύξηση του μεγέθους της αγοράς καθοδηγείται από μία τεράστια ποικιλία ευκαιριών. Το φάσμα των εφαρμογών είναι τεράστιο και κυμαίνεται από απλά εργαλεία μοντελοποίησης που προορίζονται για ερασιτέχνες, εξειδικευμένες μηχανές που δημιουργούν αντίγραφα προϊόντων μέχρι και εξελιγμένους βιομηχανικούς εκτυπωτές που χρησιμοποιούνται για την άμεση παραγωγή τελικών προϊόντων. (Cohen, Sargeant and Somers, 2014). Παρομοίως, υπάρχει μία πληθώρα παραγωγών τρισδιάστατων εκτυπωτών που προορίζονται για την εμπορική αγορά και μοντέλα που προορίζονται καθαρά για βιομηχανικούς σκοπούς. Αυτή η ποικιλία επέτρεψε στην τεχνολογία αυτή να διεισδύσει τόσο στα σπίτια μας όσο και στις βιομηχανίες μας, γεγονός που της δίνει ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

5.5. Ανταγωνισμός μεταξύ των εταιρειών

Η ανταγωνιστικότητα των επιχειρήσεων βασίζεται περισσότερο στα χαρακτηριστικά τους, τις υπηρεσίες και την προστιθέμενη αξία που προσφέρουν και λιγότερο στην τιμολογιακή πολιτική τους. Διεξάγουν έρευνα και ανάπτυξη αναβαθμίζοντας έτσι τις δυνατότητες, διευρύνοντας τους τομείς εφαρμογής και ενισχύοντας τη διαφορετικότητα των εκτυπωτών που διαθέτουν στο εμπόριο. Παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες και οι παραδόσεις των προϊόντων γίνονται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Κάποιες επιχειρήσεις επίσης έχουν καταφέρει να γίνουν προμηθευτές σε εταιρείες που ασχολούνται για παράδειγμα με την αεροδιαστημική τεχνολογία, εξασφαλίζοντας σταθερά και υψηλά περιθώρια κέρδους. (Krabeeretcharat, 2012). Επιπλέον σε πολλές περιπτώσεις αναλαμβάνουν και την παραγωγή της πρώτης ύλης που χρησιμοποιεί ο εκτυπωτής, γεγονός που τους δίνει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

5.6. Εταιρείες πωλήσεων εκτυπωτών και υπηρεσιών τρισδιάστατης εκτύπωσης

Υπάρχει πληθώρα εταιρειών που κατασκευάζουν και πωλούν μηχανήματα τρισδιάστατης εκτύπωσης αλλά και παρέχουν υπηρεσίες τρισδιάστατης εκτύπωσης. Οι βασικές από αυτές είναι η 3D Systems και η Stratasys. Άλλες είναι η Materialise, Organono, και η ExOne. Στο χώρο δραστηριοποιούνται και εταιρείες που παρήγαγαν τυπικούς εκτυπωτές όπως για παράδειγμα η Hewlett – Packard.

3D systems

Η 3D systems παρέχει προϊόντα και υπηρεσίες εκτύπωσης. Δηλαδή κατασκευάζει εκτυπωτές, υλικά εκτύπωσης, παρέχει υπηρεσίες, κάνει σχέδια και έρευνα. Έχει ως βάση το Delaware στην Αμερική και παραρτήματα στην Ασία την Ευρώπη και τη Μέση Ανατολή έχοντας κάνει πολλές εξαγορές εταιρειών αυξάνοντας έτσι το μερίδιο αγοράς της αλλά και το εύρος δραστηριοτήτων της.

Πρόκειται για μία από της μεγαλύτερες εταιρείες που ασχολούνται με τρισδιάστατη εκτύπωση στον κόσμο έχοντας χρηματιστηριακή αξία, τον Ιανουάριο του 2017, της τάξεως των 1.86 δισεκατομμυρίων δολαρίων.

Stratasys

Η stratasys είναι εταιρεία ανάλογου μεγέθους και λογικής με τη 3D systems. Είναι μία από τις πρώτες εταιρείες που ασχολήθηκαν με την τρισδιάστατη εκτύπωση και δραστηριοποιείται κυρίως στο χώρο της υγείας, της αεροδιαστημικής τεχνολογίας, της αυτοκινητοβιομηχανίας και της εκπαίδευσης.

Η βάση της είναι στη Μιννεσότα της Αμερικής και το Ισραήλ. Απασχολεί πάνω από 2800 εργαζόμενους και έχει στην κατοχή της σχεδόν 600 δικαιώματα

ευρεσιτεχνίας που αφορούν την τρισδιάστατη εκτύπωση. Έχει επίσης εξαγοράσει εταιρείες όπως η MakerBot και η Solidscape.

Η χρηματιστηριακή της αξία τον Ιανουάριο του 2017 ήταν 1.02 δισεκατομμύρια δολάρια.

5.7. Διαδικτυακές κοινότητες και αγορές (communities-marketplaces)

Στη σημερινή εποχή το πρόβλημα εμπορίας, διανομής και διαφήμισης των προϊόντων έχει μειωθεί σημαντικά. Οι εταιρείες πλέον μπορούν εύκολα να διασυνδεθούν με διαδικτυακές αγορές (marketplaces), οι οποίες στις περισσότερες περιπτώσεις αναλαμβάνουν κοστοβόρες διαδικασίες όσον αφορά την οργάνωση και τη λειτουργία τους, όπως για παράδειγμα την διαφήμιση, τη διαχείριση των συναλλαγών, την πληροφόρηση των καταναλωτών, τη διακομιδή των προϊόντων κ.τ.λ.. Στις πλατφόρμες αυτές διασυνδέονται επίσης και όλοι οι άνθρωποι οι οποίοι ανταλλάσσουν ιδέες, τεχνογνωσία, σχέδια και εκτυπωμένα αντικείμενα.

Έτσι λοιπόν οι διαδικτυακές πλατφόρμες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διάδοσή της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Υπάρχουν πλέον πολλές διαδικτυακές αγορές τρισδιάστατης εκτύπωσης. Μερικές από αυτές είναι η Shapeways, η 3D Hubs, η Thingiverse, η Sculpteo, η Freshfiber, η FigurePrints και η My Robot Nation.

Όμως οι συγκεκριμένες διαδικτυακές αγορές έχουν μία πολύ σημαντική διαφορά από τις σύγχρονες τεχνολογίες που τείνουν πια να θεωρούνται παραδοσιακές. Οι παλιές διαδικτυακές αγορές, μέσω των μεταφορών φυσικών προϊόντων π.χ. με πλοίο, τροφοδοτούσαν τον κλάδο της ναυτιλίας. Με την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης δεν χρειάζεται να μεταφερθεί το προϊόν, παρά μόνο το αρχείο με το τρισδιάστατο μοντέλο το οποίο μπορεί να εκτυπωθεί σε οποιοδήποτε σημείο με έναν κατάλληλο εκτυπωτή.

Shapeways

Η Shapeways, είναι μια διαδικτυακή αγορά όπου οι άνθρωποι μπορούν να πωλούν και να αγοράζουν εκτυπωμένα αντικείμενα. Αυτό επιτρέπει σε ανθρώπους να αποκομίζουν κέρδος από τις εκτυπώσεις αντικειμένων αλλά και σε άλλους να εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι κάποιος σε κοντινό σημείο διαθέτει τρισδιάστατο εκτυπωτή. Η Shapeways επίσης χειρίζεται τη διανομή των προϊόντων και εξασφαλίζει την παράδοσή τους οπουδήποτε στον κόσμο. Από τον Αύγουστο του 2012, η Shapeways είχε σχεδόν 7.000 καταστήματα και πάνω 160.000 μέλη που είχαν εκτυπώσει πάνω από ένα εκατομμύριο προϊόντα. Πλέον αυτά τα νούμερα αναμένεται πως θα έχουν υπερδιπλασιαστεί.

3D Hubs

Μία άλλη ενδιαφέρουσα πλατφόρμα είναι η 3D hubs που ιδρύθηκε το 2013 και πλέον ελέγχει ένα δίκτυο 28.500 τρισδιάστατων εκτυπωτών σε πάνω από 150 χώρες. Η 3D hubs παρέχει πρόσβαση σε 3D σε πάνω από 1 δισεκατομμύριο ανθρώπους που θέλουν να τυπώσουν κάτι με τρισδιάστατο εκτυπωτή, χωρίς να μετακινηθούν πάνω από 16km. Η εταιρεία, με λίγα λόγια, διευκολύνει τις συναλλαγές μεταξύ των ιδιοκτητών τρισδιάστατων εκτυπωτών και αυτών που έχουν ανάγκη από τυπωμένα αντικείμενα καθώς έχει τη δυνατότητα να βρει τον πλησιέστερο διαθέσιμο ιδιοκτήτη τρισδιάστατου εκτυπωτή που αποτελεί μέλος της κοινότητας 3D Hubs.

Thingiverse

Δημιουργήθηκε από τη MakerBot Industries, η ιστοσελίδα έχει μια μεγάλη κοινότητα ατόμων που έχουν μοιραστεί πάνω από 25.000 μοντέλα που κυμαίνονται από παιχνίδια, γκάτζετ μέχρι και ανταλλακτικά. Όλα είναι διαθέσιμα για κατέβασμα και η εκτύπωση διαθέσιμη για οποιοδήποτε το θελήσει.

6. Η επίδραση της τρισδιάστατης εκτύπωσης

6.1. Πρόκειται σίγουρα περί επαναστατικής τεχνολογίας

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μία κλασική τεχνολογία που θα αναταράξει την παραγωγική διαδικασία σύμφωνα με τα πρότυπα διαταραχής που προσδιορίζονται από τον καθηγητή στον τομέα των επιχειρήσεων του Χάρβαρντ Clayton Christensen. Είναι απλούστερη, φθηνότερη και πιο βολική στη χρήση από τις παραδοσιακές τεχνολογίες παραγωγής. Η τρέχουσα τεχνολογία εκτύπωσης είναι "αρκετά καλή" για να εξυπηρετήσει τις αγορές που στο παρελθόν δεν είχαν καμία δυνατότητα συμμετοχής στην παραγωγική διαδικασία (π.χ. μικρές επιχειρήσεις, νοσοκομεία, σχολεία).

Ωστόσο, η τεχνολογία αυτή δεν αναμένεται να ανθίσει στις αγορές παραδοσιακής παραγωγής, τουλάχιστον στο προσεχές μέλλον, έτσι είναι απίθανο ότι ένα ολόκληρο εμπορικό αεροπλάνο επιβατών θα είναι 3D-τυπωμένο τα επόμενα χρόνια. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά παραδείγματα από το παρελθόν «αρκετά καλών» τεχνολογιών που εν τέλει άλλαξαν ολόκληρες αγορές, συμπεριλαμβανομένων των τρανζίστορ των ραδιοφώνων και των προσωπικών υπολογιστών, οπότε οι καθιερωμένες εταιρείες στον χώρο παραγωγής οφείλουν να μην εφησυχάζουν.

Όλες οι επαναστατικές τεχνολογίες ξεκινούν σε μειονεκτική θέση από την κυρίαρχη τεχνολογία της εποχής. Εντούτοις, όπως παρατήρησε ο Christensen στην έρευνα του, οι νέες τεχνολογίες βρίσκουν μια αγορά που είναι παραμελημένη από την τρέχουσα τεχνολογία. Η προσθετική κατασκευή βρήκε την ταχεία προτυποποίηση, η οποία ήταν μια εξαιρετικά δαπανηρή και εντάσεως εργασίας διαδικασία με τη χρήση τεχνικών της παραδοσιακής παραγωγής.

Καθώς η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης εξελίχθηκε, άρχισε να χρησιμοποιείται για την κατασκευή εξειδικευμένων προϊόντων σε μικρές ποσότητες. Σύμφωνα με τον Christensen, μια επαναστατική τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται μέχρι το σημείο όπου μπορεί να εξυπηρετήσει τις ανάγκες της αγοράς ακριβών και εξελιγμένων προϊόντων (high-end) με χαμηλότερο κόστος και από το σημείο αυτό και έπειτα προσπερνάει τους κυρίαρχους παίκτες της αγοράς.

Αυτός είναι ο δρόμος της 3D εκτύπωσης σήμερα. Η 3D εκτύπωση εξελίσσεται με γοργούς ρυθμούς με παραδείγματα σε πολλές βιομηχανίες. Αν και έχει εφαρμοστεί κυρίως για παραγωγή μικρών ποσοτήτων, τα προϊόντα μπορεί να είναι ανώτερα χαρακτηριστικά (ελαφρύτερα, πιο ισχυρά, προσαρμοσμένα σε συγκεκριμένες ανάγκες, ήδη συναρμολογημένα) και φθηνότερα από το να έχουν δημιουργηθεί με τις παραδοσιακές μεθόδους.

Στο *Makers: The New Industrial Revolution*, ο Chris Anderson, γράφει: «Η ιδέα του «Εργοστάσιου», με μια λέξη, αλλάζει. Ακριβώς όπως το διαδίκτυο εκδημοκράτισε τη γνώση σε δευτερόλεπτα, τώρα μια νέα κατηγορία τεχνολογιών «ταχείας προτυποποίησης», από τρισδιάστατους εκτυπωτές μέχρι κοπή χρησιμοποιώντας λέιζερ, είναι ο εκδημοκρατισμός της ευκαιρίας για καινοτομία. Νομίζεις ότι οι δύο τελευταίες δεκαετίες ήταν καταπληκτικές; Απλά περίμενε.»

6.2. Ο εκδημοκρατισμός της παραγωγής

Η τρισδιάστατη εκτύπωση στην εργασία ή στο σπίτι σηματοδοτεί τον εκδημοκρατισμό της παραγωγής. Μέχρι τώρα, η δημιουργία υψηλής ποιότητας προϊόντων ή πρωτότυπων απαιτούσε πολύ ακριβά μηχανήματα και επενδύσεις σε εξοπλισμό και εξελιγμένα λογισμικά. Αυτό έθετε εμπόδια, αποτρέποντας πολλές καλές ιδέες ακόμα και στο να εκφραστούν, ούτε καν στο στάδιο του πρωτοτύπου, καθώς οι περισσότεροι άνθρωποι δεν έχουν τις ικανότητες και τους οικονομικούς πόρους για να το σχεδιάσουν, πόσο μάλλον την παραγωγή ή διανομή τέτοιων προϊόντων.

Ωστόσο, κατά την τελευταία δεκαετία αυτά τα παραδοσιακά εμπόδια έχουν σε σημαντικό βαθμό προσπελασθεί.

Ενώ η 3D εκτύπωση βρίσκεται στην καρδιά του κινήματος «φτιάξε το μόνος σου», υπήρξαν και άλλες σημαντικές εξελίξεις σε κάθε τομέα που την αφορά. Τα δωρεάν ή χαμηλού κόστους μοντέλα, τα εργαλεία σάρωσης για τη γρήγορη και εύκολη μοντελοποίηση, οι ιστοσελίδες για το μάρκετινγκ, τη διανομή και τη χρηματοδότηση, καθώς και μια νέα ηθική ανοιχτού σχεδιασμού, συνεργασίας και οικονομίας διαμοιρασμού (*sharing economy*). Τα στοιχεία αυτά επιτρέπουν σχεδόν στον καθένα από εμάς να γίνει ένας κατασκευαστής ή απλά να συμβάλει στη διαδικασία παραγωγής.

6.3. Η τρισδιάστατη εκτύπωση εισβάλλει στο σπίτι μας

Όσο περισσότερο εξελίσσεται η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης και πέφτουν οι τιμές τόσο πιο πολύ θα εισέλθει στα σπίτια μας. Οι επιτραπέζιοι εκτυπωτές προσφέρουν μία τεράστια ευκαιρία στους ανθρώπους να κατασκευάσουν οτιδήποτε θέλουν στο χώρο τους, με μόνους περιορισμούς στην παρούσα φάση το μέγεθος του αντικειμένου και τις ιδιότητες των πρώτων υλών. Παιχνίδια, σκεύη και διακοσμητικά αντικείμενα είναι τη δεδομένη στιγμή τα πιο διαδεδομένα. Με τα σχεδιαστικά προγράμματα, έχουν τη δυνατότητα να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν σύμφωνα με τους δικές τους απαιτήσεις ανοίγοντας έτσι το δρόμο για την απόλυτη εξατομίκευση.

Με τη 3D εκτύπωση θα καταργηθούν τα εμπόδια στην παραγωγή. Αν και είναι δύσκολο να προβλεφθεί το πού η εκτύπωση 3D στο σπίτι θα οδηγήσει, είναι ένα ασφαλές στοίχημα ότι οι καταναλωτές τα επόμενα χρόνια δεν θα χρησιμοποιούν αυτούς τους εκτυπωτές για να αναδημιουργήσουν ό,τι μπορούν ήδη να αγοράσουν στα καταστήματα. Θα δημιουργούν πράγματα που απλά δεν μπορούν να αγοράσουν, όπως αναντικατάστατο μέρη και εξατομικευμένα αντικείμενα και γκάτζετ.

6.4. Επαναπροσδιορίζοντας τις παραγωγικές διαδικασίες

Από τη Βιομηχανική Επανάσταση, η παραγωγή ήταν συνώνυμη με εργοστάσια, εργαλειομηχανές, γραμμές παραγωγής και τις οικονομίες κλίμακας. Είναι λοιπόν κάπως «τρομακτικό» να σκεφτεί κανείς την παραγωγή χωρίς εργαλεία, γραμμές συναρμολόγησης ή αλυσίδες εφοδιασμού. Ωστόσο, αυτό ακριβώς συμβαίνει, όσο η τρισδιάστατη εκτύπωση φθάνει σε ιδιώτες, μικρές επιχειρήσεις και τα εργοστάσια.

Σήμερα μπορούμε να φτιάξουμε εξαρτήματα, συσκευές και εργαλεία από το σπίτι ή το χώρο εργασίας μας χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα υλικών. Με τον υπολογιστή μας, έχουμε τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε, να τροποποιήσουμε ή να κατεβάσουμε ένα ψηφιακό 3D μοντέλο ενός αντικειμένου. Κάνουμε κλικ στο κουμπί "εκτύπωση", όπως ακριβώς κάνουμε για ένα έγγραφο, και έπειτα παρακολουθούμε ένα αντικείμενο να παίρνει μορφή. Δεν είναι πλέον επιστημονική φαντασία, η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια νέα πραγματικότητα.

Ενώ η νέα αυτή πραγματικότητα είναι συναρπαστική, θέτει επίσης σημαντικά ερωτήματα για το μέλλον του πώς κατασκευάζουμε προϊόντα. Τα εργοστάσια δεν θα εξαφανιστούν, αλλά το πρόσωπο της βιομηχανικής παραγωγής θα αλλάξει, καθώς νέες καινοτομίες, νέα προϊόντα και τα νέα υλικά θα αναδύονται και διαδικασίες όπως η διανομή μπορεί πλέον να μην είναι τόσο αναγκαίες. Οι σημερινές ανάγκες των καταναλωτών οδεύουν προς την αύξηση της ζήτησης για εξατομικευμένα προϊόντα και υπηρεσίες και προς τη μείωση ή εξάλειψη της αναμονής για την παράδοση του προϊόντος. Η δυνατότητα παραμετροποίησης και η αμεσότητα δεν είναι εφικτή με τις παραδοσιακές διαδικασίες παραγωγής, οι οποίες είναι βελτιστοποιημένες για μεγάλες ποσότητες, δια μέσω μίας συνεχούς παραγωγικής διαδικασίας στα εργοστάσια όπως τουλάχιστον τα γνωρίζουμε σήμερα.

Αλλάζει επίσης τη λογική της παραγωγικής διαδικασίας αφού βελτιστοποιεί την παραγωγή μοναδικών αντικειμένων. Οι εκτυπωτές χρησιμοποιούνται για να παράγουν με πιο οικονομικό τρόπο προϊόντα ειδικής κατασκευής, βελτιωμένα, η ακόμα και να τα παράγουν στο σημείο που θα χρησιμοποιηθούν. Ένας μόνο εκτυπωτής μπορεί να παράγει μία ευρεία γκάμα προϊόντων, μερικές φορές ήδη

συναρμολογημένα. Είναι ένα εργοστάσιο χωρίς το δάπεδο του εργοστασίου και έχει δημιουργήσει μια πλατφόρμα για την καινοτομία, που επιτρέπει στην παραγωγή να ανθίσει σε ασυνήθιστες περιοχές και τροφοδοτεί μια νέα γενιά που θα κατασκευάζει καθένας μόνος του τα προϊόντα που χρειάζεται (DIY: do it yourself) . Οι νέοι παίκτες, με τις καινοτόμες διαδικασίες και την τεχνολογία τους, θα διαταράξουν την παραγωγή, όπως τη γνωρίζουμε.

Το Economist καλεί τη 3D εκτύπωση την τρίτη βιομηχανική επανάσταση, μετά την εκμηχάνιση της παραγωγής του 19^{ου} αιώνα και τις γραμμές μαζικής παραγωγής του 20^{ου} αιώνα.

6.5. Επικείμενος αντίκτυπος στην εμπορική παραγωγή

Αν και είναι δύσκολο να πει κανείς με βεβαιότητα πώς η 3D εκτύπωση με τις διάφορες μορφές της θα επηρεάσει τις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής, οι αναδυόμενες τάσεις δείχνουν πως ο αντίκτυπός της έχει ήδη ξεκινήσει να γίνεται ορατός.

- **Ο χρόνος διάθεσης νέων προϊόντων στην αγορά συρρικνώνεται.** Αυτό οφείλεται, εν μέρει, στην ταχύτερη σχεδίαση και προτυποποίηση, αλλά και στην εξάλειψη των εργαλείων και του χρόνου τροποποίησης του εργοστασίου για τα νέα προϊόντα. Η ύπαρξη ευελιξίας δεν θα είναι πλέον ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, αλλά μια βασική ανάγκη για να παραμείνει μια επιχείρηση στην αγορά.

- **Τα προϊόντα έχουν ανώτερες ιδιότητες.** Τα εμπόδια για την παραγωγή θα μειωθούν, φέρνοντας νέους ανταγωνιστές με νέες ιδέες. Ταυτόχρονα, τα προϊόντα που ενσωματώνουν 3D τυπωμένα στοιχεία θα εμφανίζουν ανώτερα χαρακτηριστικά, δηλαδή θα είναι μικρότερα, ελαφρύτερα, πιο ισχυρά, λιγότερο μηχανικά πολύπλοκα και πιο εύκολα στη διατήρηση.

- **Ο ανοιχτός σχεδιασμός είναι εδώ για να μείνει.** Κοινότητες των τελικών χρηστών θα είναι όλο και περισσότερο υπεύθυνες για τα σχέδια του προϊόντος, τα οποία θα είναι διαθέσιμα σε όλους με τις απαραίτητες δεξιότητες και τα εργαλεία που χρειάζονται για την τελική παρασκευή του προϊόντος. Αυτά τα προϊόντα ανοικτού σχεδιασμού θα είναι ανώτερα από προηγούμενα προϊόντα. Οι κατασκευαστές θα διαγωνίζονται για το πόσο καλά υλοποιούν τα σχέδια και την ποιότητα κατασκευής τους, η οποία θα βαθμολογείται ανελέητα από τους τελικούς χρήστες στο Διαδίκτυο.

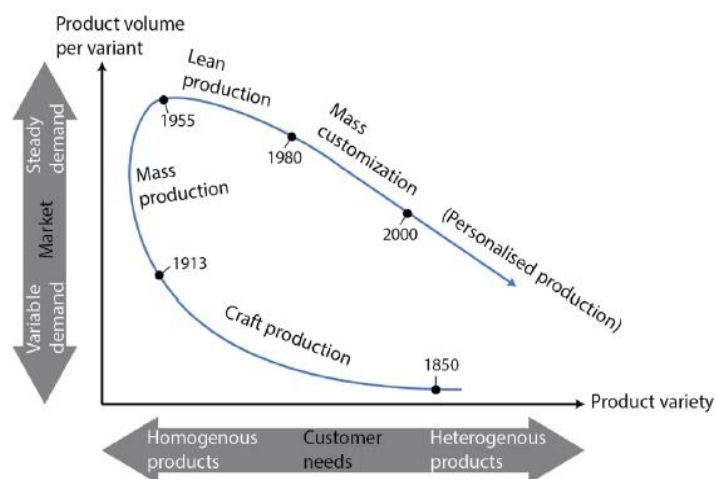
- **Η δυνατότητα προσαρμογής είναι η νέα κανονική.** Όσο περισσότερο καινοτόμες επιχειρήσεις χρησιμοποιούν 3D εκτύπωση και προσφέρουν ταχεία παραμετροποίηση, χωρίς επιπλέον κόστος, οι καταναλωτές θα θεωρούν τη δυνατότητα προσαρμογή ως κανόνα. Το ανά μονάδα κόστος παραγωγής των

μικρών σειρών παραγωγής (Ακόμη και παρτίδες του ενός) θα προσεγγίσει εκείνο της μαζικής παραγωγής καθώς τα τεχνολογικά φράγματα καταρρίπτονται.

• **Ακριβώς στην ώρα παραγωγή.** Το πλεονέκτημα τιμής που συνδέονται με τη μαζική παραγωγή σε περιοχές χαμηλού εργατικού κόστους θα αμφισβητηθούν από τους τρισδιάστατους εκτυπωτές προωθώντας την «ακριβώς στην ώρα» (just in time) παραγωγή κοντά στο σημείο πώλησης. Οι προμηθευτικές αλυσίδες θα βελτιστοποιηθούν έτσι ώστε να εφαρμόζουν μεθόδους «ακριβώς στην ώρα», ιδιαίτερα για χαμηλού όγκου ή πολύ εξειδικευμένα προϊόντα.

6.6. Προσωποποιημένη παραγωγή

Ο τρόπος παραγωγής έχει περάσει διάφορα στάδια και μορφές κατά τη διάρκεια των τελευταίων αιώνων. Ξεκίνησε με τις μικρές βιοτεχνίες (Craft production) στις οποίες εξειδικευμένοι τεχνίτες καλούνταν να κατασκευάσουν μοναδικά προϊόντα που θα κάλυπταν τις ανάγκες των καταναλωτών (Koren, 2010). Στις αρχές του 20ου αιώνα η Ford εισήγαγε τη μαζική παραγωγή, με συστήματα που επέτρεπαν την παραγωγή μεγάλου αριθμού τελικών προϊόντων με χαμηλό κόστος αλλά με περιορισμένη δυνατότητα τροποποίησης της παραγωγής έτσι ώστε να αυξηθεί η ποικιλία των παραγόμενων προϊόντων (Koren, 2010), (Katel, 2012). Πλέον με την εξάπλωση του διαδικτύου και των μέσων κοινωνικής δικτύωσης, οι καταναλωτές μπορούν να εκφράζουν πιο εύκολα και άμεσα τις επιθυμίες τους με αποτέλεσμα με έναν τρόπο να μπορούν να διαμορφώνουν και το τί θα τους προσφέρουν οι εταιρείες. Με τη χρήση των τεχνολογιών της τρισδιάστατης εκτύπωσης και με τη συνεχή μείωση του κύκλου ζωής των προϊόντων, μιας και με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας κάθε μέρα βγαίνει κάτι καινούριο καλύτερο από το προηγούμενο, η δομή της παραγωγικής διαδικασίας οδεύει προς την προσωποποιημένη παραγωγή (Personalised production) (Koren, 2010) (Mota, 2011). Επιτρέπει τόσο το σχεδιασμό, όσο και την κατασκευή των προϊόντων από τους ίδιους τους καταναλωτές ακόμα και στο σπίτι τους. Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί να ισχυριστεί κάποιος ότι ενεργοποιείται ο εκδημοκρατισμός και η αποκεντροποίηση της παραγωγής.



Σχήμα 19: Η εξέλιξη του τρόπου παραγωγής

Πηγή: Koren 2010 και Mourtzis & Doukas 2012

Centralised και decentralised δίκτυο παραγωγής.

Ένα συγκεντρωτικό (centralised) δίκτυο παραγωγής είναι όταν η παραγωγή, η διανομή και το δίκτυο παρεχόμενων υπηρεσιών εκτελούνται σε μία μόνο τοποθεσία ή μέσω μιας αλυσίδας μοναδικών τοποθεσιών, δηλαδή τοποθεσιών που μπορούν να εκτελέσουν μία μόνο δραστηριότητα της αλυσίδας παραγωγής. (Schönsleben, 2007).

Ένα αποκεντροποιημένο (decentralised) δίκτυο παραγωγής είναι όταν η παραγωγή, η διανομή και το δίκτυο παρεχόμενων υπηρεσιών εκτελούνται σε πολλαπλές θέσεις οι οποίες βρίσκονται όσο πιο κοντά γίνεται στους καταναλωτές. (Schönsleben, 2007).

Και τα δύο παραπάνω μοντέλα έχουν πλεονεκτήματα. Η συγκεντρωτική παραγωγή επιτυγχάνει οικονομία κλίμακας και σταθερή ποιότητα διαδικασιών. (Schönsleben, 2007) Από την άλλη μεριά, η αποκεντροποιημένη παραγωγή προσφέρει μικρότερους χρόνους παράδοσης, μικρότερο κόστος μεταφορικών, και μεγαλύτερη ευελιξία. Σήμερα, το 51% των επιχειρήσεων χρησιμοποιεί συγκεντρωτικό τρόπο παραγωγής, το 46% αποκεντροποιημένο και το 3% διαφορετικό (APQC, 2013). Η παγκοσμιοποίηση έχει οδηγήσει τις εταιρείες να δημιουργήσουν εγκαταστάσεις σε όλο τον κόσμο, με στόχο να παραμείνουν ανταγωνιστικές στην παγκόσμια αγορά. Για το ποιο μοντέλο παραγωγής θα επιλέξουν δεν υπάρχει σαφής απάντηση και εξαρτάται από το είδος της εταιρείας τη χωροθεσία και πολλούς άλλους. Βέβαια από το δίλλημα της επιλογής μεταξύ αυτών των δύο τρόπων παραγωγής, υπάρχει και η εναλλακτική της υβριδικής στρατηγικής, δηλαδή το να χρησιμοποιήσουν τμήματα διαδικασιών και από τις δύο εναλλακτικές

6.7. Μεταφορές και εφοδιασμός (Logistics)

Το γεγονός ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση κάνει εύκολη την εξατομίκευση των προϊόντων, μπορεί να προκαλέσει ρηξικέλευθες αλλαγές στους βασικούς τομείς της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως είναι η παραγωγή και η διανομή.

Δίνοντας στους καταναλωτές προσαρμοσμένα προϊόντα για να ταιριάζουν στις ανάγκες τους αλλά και η συμμετοχή αυτών στο σχεδιασμό και την παραγωγή, ενέχει μία πιθανή αλλαγή στις προτεραιότητες όσον αφορά τη στρατηγική για τα κέρδη.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ένα δυνατό μέσο για να μειωθεί η πολυπλοκότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το γεγονός ότι μπορούν να κατασκευασθούν σύνθετες γεωμετρικές οδηγεί στη μείωση του πλήθους των κομματιών από τα οποία αποτελείται ένα προϊόν. Έτσι μειώνεται ή αποφεύγεται ο χρόνος συναρμολόγησης και το κράτημα αποθεμάτων, απλουστεύεται η αποθήκευση και η απογραφή των κομματιών.

Η ικανότητα της αποκέντρωσης της παραγωγής και η ενεργοποίηση τοπικών κόμβων παραγωγής, θα βοηθήσει στη μείωση των αναγκών για τις παγκόσμιες μεταφορές, μεταπηδώντας από τη μεταφορά φυσικών προϊόντων στη μεταφορά σχεδίων μέσω του διαδικτύου.

Ακόμα, η ανάγκη για αποθέματα θα επηρεαστεί από την ικανότητα παραγωγής ανά παραγγελία (just in time production) γεγονός που είναι πολύ σημαντικό για τον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τέλος λογικά, θα δημιουργηθούν εφοδιαστικές που θα αφορούν τη μεταφορά και την αποθήκευση των πρώτων υλών της εκτύπωσης.

Οι ηγέτες της αγοράς των μεταφορών, όπως είναι η DHL και η UPS έχουν ξεκινήσει να την ενσωματώνουν στις διαδικασίες τους. Σύμφωνα με την έκθεση του Harvard το 2015, η UPS επεκτείνει το 3PL (third-- party logistics) τμήμα της, δηλαδή της εξωτερικές (ή τρίτες) υπηρεσίες μεταφοράς και αποθήκευσης, μετατρέποντας αποθήκες αεροδρομίων σε εγκαταστάσεις παραγωγής.

Η ναυτιλιακή εταιρεία Maersk έχει επίσης μια καινοτόμα ιδέα. Παραδοσιακά, όταν χαλάσει μία μηχανή ενός караβιού και χρειάζεται ανταλλακτικό, πρέπει πρώτα το τμήμα προμηθειών να το βρει και ύστερα να το στείλει με ένα σκάφος. Σύμφωνα με το τμήμα έρευνας της εταιρείας, η εταιρεία σχεδιάζει να εφαρμόσει τρισδιάστατη εκτύπωση για εκτύπωση ανταλλακτικών πάνω στο καράβι.

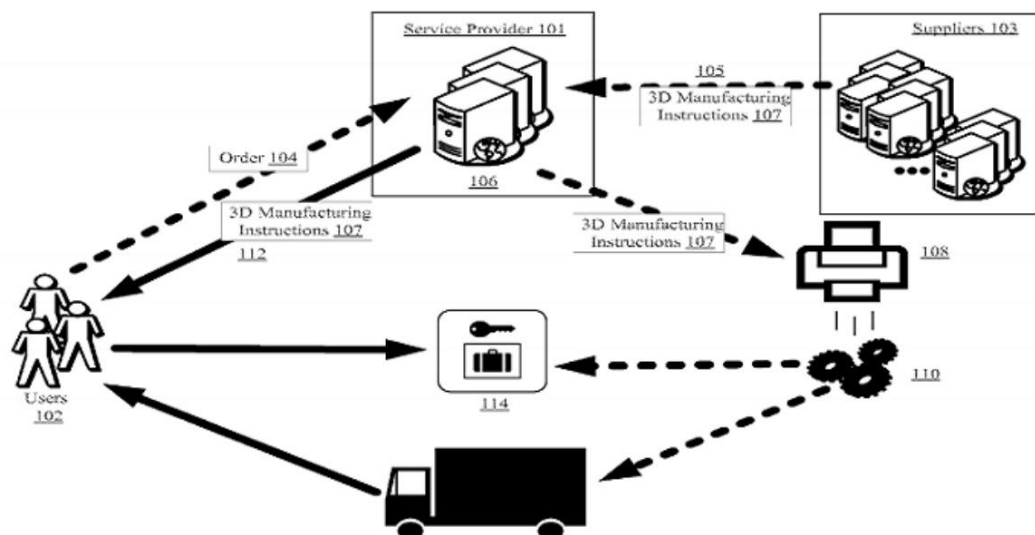
Amazon

Η Amazon, η μεγαλύτερη εταιρεία ηλεκτρονικού εμπορίου στον κόσμο, όπως και όλες οι μεγαλύτερες επιχειρήσεις, διερευνά τρόπους να ενσωματώσει στις διαδικασίες της την τρισδιάστατη εκτύπωση με σκοπό να εξοικονομήσει λεφτά αλλά

και να προσφέρει υπηρεσίες που πριν δεν θα μπορούσε έτσι ώστε να αυξήσει την κερδοφορία της. Σταδιακά λοιπόν ξεκίνησε τις συνεργασίες με εταιρείες του χώρου όπως τη Mixee Labs για να προσφέρει 3D εξατομικευμένα προϊόντα στους πελάτες της.

Βέβαια είναι γνωστό πως η συγκεκριμένη εταιρεία έχει ως στρατηγική να παραδίδει τα προϊόντα της όσο το δυνατόν πιο γρήγορα γίνεται στους καταναλωτές. Έτσι, έφτασαν στο να έχουν τη δυνατότητα να παραδώσουν την παραγγελία μέσα σε μία ώρα στην περιοχή του Μανχάταν. Όμως, συνήθως όσο πιο γρήγορα μεταφέρεται ένα αντικείμενο, τόσο πιο πολύ κοστίζει για την εταιρεία με αποτέλεσμα η επιβάρυνση αυτή να πηγαίνει στην τελική τιμή του αγαθού. Αυτό συμβαίνει εξ αιτίας του ότι η Amazon αναγκάζεται να αποθηκεύει εκατομμύρια προϊόντα στις αποθήκες και να τα καταλείψει σωστά στους διαθέσιμους κόμβους. Οι αποθήκες όμως είναι πολύ ακριβές, ειδικά αν αναλογιστούμε τα μεγέθη που χρειάζεται η Amazon.

Προσπαθώντας να αποφύγει αυτά τα κόστη, η Amazon υπέβαλλε αίτηση για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας που περιγράφει μια μέθοδο τρισδιάστατης εκτύπωσης κατά παραγγελία (on demand) μέσα σε κινητούς παραγωγικούς κόμβους, δηλαδή σε κινούμενα φορτηγά. Σύμφωνα με την ίδια την Amazon μια διαδικασία που θα μειώσει χρόνο και κόστη σε πολλά επίπεδα.



Σχήμα 20: Σύστημα διανομής της Amazon

Πηγή: <https://3dprint.com/46934/amazon-3d-printing-patent/>

Η διαδικασία θα είναι η εξής: Ο καταναλωτής θα στέλνει την παραγγελία του από το κινητό ή τον υπολογιστή του. Έπειτα η Amazon θα στέλνει ένα αρχείο στην κινητή

μονάδα που είναι πιο κοντά στο σημείο παραγγελίας, στο οποίο θα υπάρχουν οδηγίες για το προς κατασκευή αντικείμενο. Κατά τη διάρκεια κατασκευής το φορηγό θα έχει ήδη ξεκινήσει να κινείται προς το σημείο παράδοσης ο οποίος θα το μπορεί να το παραλάβει σε πολύ μικρό αλλά και χωρίς να εμπεριέχεται κάποια εξαιρετικά δαπανηρή διαδικασία η οποία πιθανώς να αυξήσει την τιμή του προϊόντος.

Τρισδιάστατη εκτύπωση στο σύννεφο (cloud)

Ο συνδυασμός της 3D εκτύπωσης με το σύννεφο είναι δύο μεγάλες αλλαγές όσον αφορά τη μετατροπή της παραγωγής σε υπηρεσία. Η κατασκευή ως υπηρεσία αναφέρεται στην ικανότητα παράδοσης αντικειμένων κατ' ευθείαν μετά τη ζήτηση «on demand» μέσα από ένα εικονικό περιβάλλον

Αυτή η διαδικασία φέρνει τους καταναλωτές κοντά σε έναν τεράστιο αριθμό προϊόντων.

Στο μέλλον, πιθανώς να μην έχει κανένα νόημα, από οικονομικής άποψης , για τις εταιρείες να διατηρούν μεγάλα αποθέματα των προϊόντων της.

Αντ' αυτού, ολόκληρο το απόθεμά τους μπορούν να το διατηρούν στο σύννεφο και να τυπώνουν τα αντικείμενα όταν το ζητήσει ο πελάτης. Αυτά τα στοιχεία μπορούν να διατηρούνται σε ένα ψηφιακό αρχείο μέχρι την στιγμή που θα χρειασθούν χωρίς καμία οικονομική επιβάρυνση. Αυτό εξαλείφει όλα τα προβλήματα και τις δυσκολίες που εμπεριέχονται στην αποθήκευση φυσικών αντικειμένων. Επί του παρόντος, η πρακτική αυτή έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη για δυσεύρετα αγαθά ή για προϊόντα που δεν κατασκευάζονται πλέον όπως για παράδειγμα ανταλλακτικά κλασικών αυτοκίνητα ή μοτοσυκλετών.

6.8. Θέσεις εργασίας

Οι απόψεις δίστανται όσον αφορά το πώς οι τεχνολογίες της τρισδιάστατης εκτύπωσης θα επηρεάσουν την απασχόληση και την ανάπτυξη. Το θέμα αυτό αναλύεται στην έκθεση της BSR «Good Jobs in the Age of Automation» όπου αναφέρεται: «Ο ρυθμός ανάπτυξης, η φύση και η πανταχού παρουσία των τεχνολογικών αλλαγών θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα, στην πρόσβαση και στην ποιότητα των θέσεων εργασίας. Ορισμένες θέσεις εργασίας θα αντικατασταθούν από τις μηχανές, νέες θέσεις θα δημιουργηθούν και οι υπάρχουσες θέσεις εργασίας θα αναλάβουν νέες και διαφορετικές αρμοδιότητες.».

Η 3D εκτύπωση είναι πιθανό να επηρεάσει τις θέσεις εργασίας με διάφορους τρόπους. Πρώτον, λόγω της τοπικοποιημένης παραγωγής, οι εγκαταστάσεις θα μετακινηθούν πιο κοντά στο τελικό σημείο παράδοσης. Αυτό βέβαια μπορεί και να

μην έχει θετικό αντίκτυπο, μιας και μπορεί να εντείνει περισσότερο την αστικοποίηση.

Στην έκδοση του Μαΐου του 2015, το Harvard Business Review δημοσίευσε ένα άρθρο με τίτλο «3D Printing Revolution» που επανέλαβε αυτές τις ανησυχίες σχετικά με τη διαθεσιμότητα θέσεων εργασίας: «Φανταστείτε πόσο οι νέοι, εξαιρετικά ικανοί εκτυπωτές μπορούν να αντικαταστήσουν εργαζόμενους υψηλής εξειδίκευσης». Επίσης ανέφερε το εξής: «Σε 'οργανισμούς μηχανών' οι άνθρωποι πιθανώς θα εργάζονται μόνο για να εξυπηρετούν τους εκτυπωτές»

Παρά αυτές τις ανησυχίες, υπάρχουν και θετικές απόψεις. Ο σχεδιασμός, η προετοιμασία και η μετεπεξεργασία χρειάζεται εξειδικευμένη ανθρώπινη εργασία. Επίσης η 3D εκτύπωση μειώνει τα εμπόδια εισόδου στην αγορά για τις μικρές επιχειρήσεις και συνολικά την επιχειρηματικότητα που μπορεί να δημιουργήσει νέες θέσεις εργασίας.

7. Νομικός αντίκτυπος

7.1. Η εποχή της ψηφιοποίησης

Μεγάλο μέρος του σημερινού συστήματος μας στηρίζεται σε μια μη ελεγχόμενη αλλά υπάρχουσα ισορροπία. Το σύστημά μας υποθέτει ότι η εξειδίκευση, ο καταμερισμός της εργασίας και οι μεγάλες αγορές λειτουργούν με ένα συγκεκριμένο τρόπο, ή τουλάχιστον ότι το σύστημα είναι κάπως σταθερό σχετικά με αυτά τα θέματα. Η ψηφιοποίηση και το διαδίκτυο μετέβαλλαν την ισορροπία αυτή σε κάθε κλάδο που άγγιξαν. Η ψηφιοποίηση παίρνει μια δραστηριότητα που κάποτε περιοριζόταν σε λίγους φορείς, και επιτρέπει σχεδόν στον καθένα να συμμετάσχει σε αυτήν. Είναι σαφές ότι οι νόμοι μας τείνουν να λειτουργούν καλά, όταν ασχολούνται με περιορισμένο αριθμό φορέων. Αυτοί οι φορείς συνήθως είναι επιχειρήσεις, και συχνά είναι μεγάλες. Κάτι τέτοιο όμως είναι προβληματικό, γιατί όταν η τεχνολογία αλλάζει αυτές τις προϋποθέσεις, το σύστημα παραπαίει.

7.2. Το παράδειγμα της μουσικής βιομηχανίας

Το κόστος για μια επιχείρηση στο να αποκτήσει τα δικαιώματα μιας πατέντας, να δημιουργήσει ένα άλμπουμ, ή να γράψει ένα βιβλίο είναι υψηλό. Αντίθετα, το κόστος για να κάνει πολλά αντίγραφα είναι πλέον χαμηλό. Το κόστος για την παραβίαση και αντιγραφή της ιδέας είναι επίσης χαμηλό, επειδή ο κύριος του έργου αναλαμβάνει τον κίνδυνο και το κόστος, ενώ άλλοι μπορεί να οικειοποιηθούν το έργο όταν θα είναι διαθέσιμο στο κοινό. Χωρίς δομές για την προστασία αυτής της αρχικής επένδυσης, γιατί ο καθένας να παράγει αυτά τα αγαθά; Ωστόσο, οι μάχες για την κυριότητα των πνευματικών δικαιωμάτων της μουσικής και της διανομής αποκάλυψαν ότι η μουσική βιομηχανία και οι πολιτικές γύρω από αυτήν υπέθεταν ότι το κόστος δημιουργίας και διανομής εμπορευμάτων με πνευματικά δικαιώματα θα ήταν υψηλό για πάντα. Με την ψηφιοποίηση, οι δαπάνες αυτές μειώθηκαν. Ένα χείμαρρος παραβίασης ακολούθησε. Όμως ακολούθησε και μία πλημύρα νέων έργων. Ψηφιακά εργαλεία που επέτρεψαν σε συγκροτήματα του «υπογείου» να καταγράψουν και να μιξάρουν μουσική στο σπίτι βελτιώθηκαν σε σημείο που τα ακριβά στούντιο παραγωγής δεν ήταν πλέον αναγκαία, παρά μόνο για πολύ απαιτητικές εργασίες. Ψηφιακή διανομή σήμαινε ότι η δημιουργία δεν ήταν πλέον περιορισμένη και για λίγους. Ο ισχυρισμός ότι η μουσική θα σταματήσει να παράγεται αποδείχθηκε ψεύτικος. Οι κατεστημένοι φορείς έπρεπε απλά να ανανεώσουν τα επιχειρηματικά τους μοντέλα. Η αγορά άλλαξε αλλά δεν καταστράφηκε.

7.3. Νομικά προβλήματα

Πολύ συχνά, με την πρόοδο της τεχνολογίας έρχεται και ένα νέο δίλημμα όσον αφορά την πνευματική ιδιοκτησία, την ευθύνη της ορθής χρήσης των προϊόντων και το σύνολο της σχέσης μεταξύ των καταναλωτών και τους κατασκευαστές γενικότερα. Οι τεχνολογίες εκτύπωσης δεν φέρνουν μόνο την παραγωγή πιο κοντά στο σπίτι, την εγκαθιδρύουν στο σπίτι εντελώς. Η προσθετική κατασκευή αφαιρεί το μονοπώλιο των τεχνολογικών δυνατοτήτων από τα χέρια των παραγωγών, επιτρέποντας στο άτομο να γίνει η πηγή του σχεδιασμού, της παραγωγής και της δημιουργίας του ακριβούς αντίγραφου. Σε μακροπρόθεσμη βάση, η 3D εκτύπωση έχει την ικανότητα να τινάζει την πνευματική ιδιοκτησία στον πυρήνα της, αφού «αποκεντρώνει τα μέσα παραγωγής και προκαλεί πολλές από τις παραδοχές στις οποίες το σύγχρονο δίκαιο πνευματικής ιδιοκτησίας βασίζεται. Έτσι η επανάσταση της 3D εκτύπωσης έχει επίσης ονομαστεί ως η «αντι-βιομηχανική επανάσταση». Διακεκριμένοι δικηγόροι της πνευματικής ιδιοκτησίας, για παράδειγμα, έχουν προβλέψει ότι θα προκύψουν πάνω από \$ 100 δισεκατομμύρια σε απώλειες πνευματικής ιδιοκτησίας ως αποτέλεσμα της τεχνολογίας 3D εκτύπωσης από μόλις το 2018.

Φαίνεται, λοιπόν, ότι η 3D εκτύπωση έχει ίσες δυνατότητες να προωθήσει την καινοτομία αλλά και να στρεσάρει σημαντικά το ισχύον νομικό πλαίσιο μας

Με δεδομένη την ολοένα αυξανόμενη ευκολία δημιουργίας φυσικών πραγμάτων στο σπίτι η 3D εκτύπωση υπόσχεται να απελευθερώσει τη δημιουργικότητα και να προκαλέσει κατεστημένες βιομηχανίες. Όπως στο πρόσφατο παρελθόν η ψηφιοποίηση αμφισβήτησε και αναδιέταξε τις βιομηχανίες μουσικής, βιβλίων και τον κινηματογράφο. Είναι εύκολο να σκεφτεί κανείς ότι η τεχνολογία αυτή αφορά κυρίως την πνευματική ιδιοκτησία. Στην πραγματικότητα όμως, εάν κάποιος δει την τεχνολογία σε ένα ευρύτερο πλαίσιο μπορεί να διαπιστώσει πως αγγίζει νομικά πλαίσια όπως αυτό των όπλων, των ναρκωτικών και των τροφίμων.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα ενιαίο προϊόν μπορεί να έχει τμήματα που προστατεύονται από διαφορετικές πατέντες, που λήγουν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, διατηρώντας προστασία για το προϊόν στο σύνολό του, η επιβολή της προστασίας των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας γίνεται όλο και πιο δύσκολη και για τα δικαστήρια αλλά και για τους κατόχους διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας. Επίσης με την παραγωγή ανταλλακτικών, παραδείγματος χάριν για αυτοκίνητα, υπάρχει ένα νομικό κενό για το ποιος θα έχει την ευθύνη σε περίπτωση ατυχήματος ή δυσλειτουργία του οχήματος.

Η Τεχνολογία δημιουργεί πάντα ευκαιρίες και προβλήματα στις επιχειρήσεις και στους νόμους που διαμορφώνουν τις επιχειρηματικές πρακτικές. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτοί οι νόμοι φαίνεται να υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων ενώ σε άλλες τις εμποδίζουν. Η ικανότητα να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία εκτύπωσης 3D για να κατασκευασθούν όπλα κατ' οίκον παρέχει ένα παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο η τεχνολογία μπορεί να αλλάξει την εμπορική δραστηριότητα και την κατανόησή μας για το τι είναι και τι δεν είναι επιτρεπτό.

7.4. Το νομικό πρόβλημα της επισκευής

Δυσκολίες θα εμφανισθούν και στον τομέα των επισκευών. Γενικά μιλώντας, το να κάνεις μικροεπισκευές σε νόμιμα αποκτηθέντα αντικείμενα δεν καταπατά κανένα νομικό όριο. Για παράδειγμα, ένα άτομο που σπάει το τηλεχειριστήριο μιας κονσόλας παιχνιδιών μπορεί να κολλήσει τα κομμάτια για μια προσωρινή λύση. Αν, στο ίδιο τηλεχειριστήριο, το καλώδιο έχει υποστεί ζημιά, ο χρήστης επίσης μπορεί να χρησιμοποιήσει ηλεκτρική ταινία για μια προσωρινή λύση. Τι γίνεται όμως αν ο χρήστης χρησιμοποιήσει ένα 3D εκτυπωτή για να εκτυπώσει ένα εντελώς νέο ανταλλακτικό πλαστικό για να αντικαταστήσει το σπασμένο; Μετά από ένα ορισμένο σημείο, οι κάτοχοι των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας μπορεί να είναι σε θέση να ισχυριστούν ότι πρόκειται περί «Ανασυγκρότησης» και όχι απλής «επισκευής», παραβαίνοντας τους όρους του διπλώματος ευρεσιτεχνίας. Η επισκευή σε σχέση με το αίνιγμα της ανακατασκευής καταδεικνύει μία πολύ πρακτική και ρεαλιστική χρήση της 3D εκτύπωσης, και ένα πολύ απτό φόβο για τους παραδοσιακούς παραγωγούς. Δυστυχώς, η διάκριση μεταξύ νομικών επισκευής και παράνομης ανασυγκρότησης είναι αχνή, σχεδόν ούτε καν παρούσα.

8. Το μέλλον της τρισδιάστατης εκτύπωσης

8.1. Εκτιμήσεις για το μέλλον

Κατά τη διάρκεια μιας ομιλίας του απερχόμενου προέδρου της Αμερικής Ομπάμα το Φεβρουάριο του 2013, δήλωσε «οι 3D εκτυπωτές και τα υλικά τους φέρουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν επανάσταση στον τρόπο που κάνουμε σχεδόν τα πάντα

Οι προβλέψεις όσον αφορά τις επιπτώσεις της 3D εκτύπωσης για την αμερικανική οικονομία ήταν κυρίως θετικές με την προοπτική να βοηθήσει τόσο τις μικρές αλλά και τις μεγάλες επιχειρήσεις. Η εξορθολογισμένη διαδικασία της προσθετικής παραγωγής μειώνει αποτελεσματικά τα εμπόδια εισόδου στην αγορά για τις επερχόμενες επιχειρήσεις ή τις νεοφυείς, οι οποίες έχουν πλέον τη δυνατότητα να ασχοληθούν με το σχεδιασμό, την εκτύπωση, και τον πειραματισμό με τα προϊόντα από το σπίτι χωρίς οικονομικούς περιορισμούς.

Αυτό θολώνει τα όρια μεταξύ μικρότερων και μεγαλύτερων επιχειρήσεων, καθώς πλέον οι "οικονομίες κλίμακας δεν παρέχουν κάποιο ουσιαστικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα" υπέρ της μεγαλύτερης επιχείρησης. (Ibid) Οι μεγαλύτερες εταιρείες, από την άλλη πλευρά, θα μπορούσαν να είναι σε θέση να παράγουν προϊόντα τα οποία με τις παλιές μεθόδους θα ήταν αδύνατο τεχνικά να παραχθούν αλλά και το κόστος παραγωγής τους θα ήταν απαγορευτικό. Αυτή η πρωτόγνωρη ικανότητα θα μπορούσε δυνητικά να μειώσει την παραδοσιακή εξάρτησή μας από τους παραγωγούς στο εξωτερικό και να βοηθήσει στην αναζωογόνηση της εγχώριας αγοράς εργασίας, καθώς επίσης να επιτρέψει στις μεγάλες επιχειρήσεις να κρατούν χαμηλότερα αποθέματα, να μειωθούν οι μεταφορές μέσω της ναυτιλίας και του ευρύτερου περιβαλλοντικού κόστους και την αποφυγή άλλων κινδύνων που συνδέονται με τις συμβάσεις εργασίας που γίνονται στο εξωτερικό.

8.2. Πώς η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να φέρει επανάσταση στα καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα

Εν γένει, σκεπτόμενοι τα επιχειρηματικά μοντέλα που θα προκύψουν, είναι σημαντικό δεδομένο το γεγονός ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση δεν προσφέρει αξία στην εταιρεία εφόσον δεν εμπορευματοποιηθεί με επικερδή τρόπο. Ο κυριότερος λόγος για αυτό είναι το ότι μετατοπίζεται το επίκεντρο της παραγωγικής διαδικασίας από τις επιχειρήσεις στους καταναλωτές, πράγμα που σημαίνει πως οι καταναλωτές μπορούν να είναι πιο άμεσα συνδεδεμένοι σε παραγωγικές διαδικασίες. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα οι καταναλωτές να αναλάβουν ακόμα και το στάδιο της έρευνας και της δημιουργίας νέων προϊόντων δημιουργώντας ισχυρές κοινότητες

γύρω από το σχεδιασμό και τις υπηρεσίες που πηγάζουν από την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Είναι σαφές πως η τρισδιάστατη εκτύπωση θα φέρει σημαντική καινοτομία στην παροχή υπηρεσιών και στην παραγωγή. Από την άλλη μεριά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη πως αυτή η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει σημαντικά και την καινοτομία στα επιχειρηματικά μοντέλα. Κατά βάση υπάρχουν 2 ευρείς τρόποι με τους οποίους μπορούν να επηρεασθούν. Ο πρώτος αφορά το πως θα επηρεάσει τους επιμέρους άξονες της αλυσίδας αξιών των επιχειρηματικών μοντέλων και ο δεύτερος το πως εφαρμόζεται η καινοτομία.

- **Καινοτομία στους άξονες της αλυσίδας αξιών των επιχειρηματικών μοντέλων**

Πρόταση αξίας (value proposition)

Στις περισσότερες περιπτώσεις τεχνολογικής καινοτομίας επειδή αυτή οδηγεί σε καινοτομία στα προϊόντα και τις υπηρεσίες, ο πρώτος άξονας που επηρεάζεται είναι η «πρόταση αξίας» (value proposition). Επειδή η τρισδιάστατη εκτύπωση όμως έχει οδηγήσει ήδη σε καινοτόμες υπηρεσίες και προϊόντα, ο κυριότερος άξονας στον οποίον αναμένεται επιρροή είναι η στη «πρόταση αξίας» (value proposition). Όπως έχει αναφερθεί ένας από τους βασικούς πυλώνες της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η μαζική εξατομίκευση προϊόντων. Σε συνδυασμό με τη δυνατότητα συν-δημιουργίας με τους καταναλωτές, η αξία του τελικού προϊόντος είναι μεγαλύτερη από ένα αντίστοιχα μαζικά παραγμένο. Η συν-δημιουργία δίνει μία υπεραξία, καθώς οι καταναλωτές αποκτούν δύναμη και αποκτούν πιο ενεργό ρόλο.

crowdsourcing

Ένας άλλος άξονας που μετατοπίζεται είναι οι επενδύσεις που προέρχονται από το λαό του διαδικτύου (crowdsourcing). Η μορφή αυτών των επενδύσεων έχει σε πολλές περιπτώσεις οδηγήσει σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Όμως η τρισδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει σε αυτό το κίνημα να πάει ένα βήμα παραπέρα. Ως τώρα με τις επενδύσεις αυτές, η καινοτομία περιοριζόταν στα στάδια της ιδέας και του σχεδιασμού, ενώ με τις τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης περνάει και στο στάδιο της παραγωγής.

Παράδοση αξίας (Value delivery) – Αλλαγή καναλιών διανομής

Ενεργοποιώντας τους καταναλωτές στο να παράγουν στο σπίτι τους ή σε κοντινά καταστήματα εκτύπωσης, δίνει τη δυνατότητα να αλλαχθούν άρδην τα κανάλια διανομής, δημιουργώντας καινούργια. Για παράδειγμα, τα αξεσουάρ (θήκες smartphone) οι εταιρείες μπορούν, αντί να τις παράγουν μαζικά, να χρησιμοποιήσουν μία από τις πολλές διαδικτυακές υπηρεσίες εκτύπωσης (π.χ.

i.Materialise, Sculpteo, Shapeways) για να τις πωλήσουν στους καταναλωτές. Οι καταναλωτές μπορούν είτε να εκτυπώσουν το προϊόν στο σπίτι, είτε να τους το εκτυπώσει μία διαδικτυακή υπηρεσία και να τους το παραδώσει στο σπίτι, είτε να βρουν το πιο κοντινό κατάστημα εκτύπωσης (3d hubs, iMakr, MakeBot). Ορισμένες από αυτές τις διαδικτυακές υπηρεσίες προσφέρουν στους καταναλωτές τη δυνατότητα αγοράς τρισδιάστατων εκτυπωτών.

Παράδοση αξίας (Value delivery) – Εκμετάλλευση νέων αγορών

Μια ακόμα αλλαγή στην παράδοση αξίας που επέφερε η 3D εκτύπωση σχετίζεται με τη στόχευση σε νέους τομείς της αγοράς. Η 3D εκτύπωση δίνει τη δυνατότητα να εξυπηρετηθούν εξειδικευμένες αγορές ανεξάρτητα από το πόσο μικρές είναι και να αποκομίζουν κέρδος από αυτό. Το κόστος δημιουργίας εγκαταστάσεων τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι πολύ χαμηλό οπότε συμφέρει να εγκατασταθούν παραδοσιακού τύπου μηχανές μόνο στην περίπτωση που χρειάζεται μαζική παραγωγή.

Ίσως η πιο σημαντική συνεισφορά των τεχνολογιών εκτύπωσης στα καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα είναι ότι δημιουργούν μια δυναμική θετική σχέση αλληλοεπίδρασης και ανατροφοδότησης μεταξύ της δημιουργίας αξίας, της πρότασης αξίας και της παράδοσης αξίας. Τα κεφάλαια του λαού του διαδικτύου και η μαζική εξατομίκευση επιτρέπουν τη δημιουργία αξίας, η οποία, με τη σειρά της, επιτρέπει τη βελτίωση της πρότασης αξίας και η οποία προσφέρει υπηρεσίες που φέρνουν ξανά κεφάλαια και εξατομίκευση. Αλλαγές στην πρόταση αξίας οδηγούν σε αλλαγές στην παράδοση αξίας η οποία μπορεί να προκαλέσει περεταίρω υιοθέτηση τρισδιάστατης εκτύπωσης. Περεταίρω υιοθέτηση τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να αναπτύξει ευκαιρίες «crowdsourcing» και μαζική εξατομίκευση και ως εκ τούτου, να αυξηθεί η δημιουργία αξίας.

Απορρόφηση αξίας (value capture)

Καθώς όλο και περισσότερη αξία μπορεί να δημιουργηθεί με τις τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης, είναι σημαντικό να εξεταστεί το ζήτημα της απορρόφησης της αξίας. Η εύκολη και άμεση ανάγνωση της αξίας που προσφέρει είναι η μείωση του κόστους. Πράγματι, τα προϊόντα μπορούν να κατασκευαστούν κατά παραγγελία, το κόστος μεταφοράς και το κόστος αποθήκευσης μπορούν να μειωθούν. Επίσης, αν και το κόστος μαζικής παραγωγής μπορεί να είναι υψηλότερο από ότι με παραδοσιακές τεχνικές, το υψηλότερο κόστος μπορεί να μετακυληστεί στους καταναλωτές, οι οποίοι είτε θα βρουν πλεονέκτημα εξαιτίας της μοναδικότητας του αντικειμένου, είτε θα εκτιμήσουν μια ταχύτερη παράδοση.

Ωστόσο, πέρα από τη μείωση του κόστους, ο τρόπος απορρόφησης της παραγόμενης αξίας είναι που θα προκληθεί περισσότερο από την τρισδιάστατη εκτύπωση. Πράγματι, ενώ αυτό το νέο σύνολο τεχνολογιών αναμφίβολα θα οδηγήσει σε πολύ μεγάλη παραγωγή αξίας, αυτό μπορεί επίσης να οδηγήσει σε πολύ μεγαλύτερες δυσκολίες «σύλληψης» τόσο των νέων όσο και των «παλαιών» αξιών. Την εποχή της εισόδου της ψηφιοποίησης οι βιομηχανίες είχαν αντιμετωπίσει το ίδιο πρόβλημα και δημιουργήθηκαν καινοτόμα μοντέλα εσόδων για να ξεπεραστεί. Οι καταναλωτές που αναλαμβάνουν ένα σημαντικό μέρος στη διαδικασία παραγωγής (από το σχεδιασμό μέχρι παραγωγής και διανομή), είναι πιθανό να είναι απρόθυμοι να πληρώσουν όσο πριν, εκτός αν αντιλαμβάνονται ότι έχει προστεθεί μια σημαντική αξία (π.χ. πλήρης παραμετροποίηση) στο προϊόν. Ορισμένες εταιρείες μπορεί να χρειαστεί να αλλάξουν εντελώς το μοντέλο εσόδων τους και να κινηθούν προς την κατεύθυνση προϊόντων προστιθέμενης αξίας (π.χ. προς το παρόν τουλάχιστον συσκευές υψηλής τεχνολογίας δεν μπορούν να τυπωθούν) ή να αντλήσουν έσοδα από συμπληρωματικές υπηρεσίες.

- **Η καινοτομία στα καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα**

Εκτός από το να ενεργοποιεί καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα αλλάζοντας τους άξονες της αλυσίδας αξιών τους, οι τεχνολογίες αυτές έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται η καινοτομία.

- **Πιο ευέλικτα επιχειρηματικά μοντέλα**

Η οριζόντια μετακίνηση ενός επιχειρηματικού μοντέλου σε υφιστάμενες ή νέες αγορές είναι μια βασική πτυχή των καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων. Ωστόσο, τέτοιου είδους μετακινήσεις είναι συχνά επικίνδυνες, επειδή πρέπει να γίνουν σημαντικές επενδύσεις πριν την είσοδο στην αγορά. Οι 3D τεχνολογίες εκτύπωσης κάνουν τις κινήσεις αυτές λιγότερο επικίνδυνες, επειδή τα προϊόντα μπορούν να κατασκευαστούν κατά παραγγελία με ελάχιστο αρχικό αλλά και σταθερό κόστος. Επίσης επιτρέπει στις επιχειρήσεις να μπορούν να αφήσουν την κατασκευή στους πελάτες και να επικεντρωθούν στο σχεδιασμό και την εξυπηρέτηση. Αντίθετα, οι επιχειρήσεις του σχεδιασμού που ήταν εξαρτημένες από εξωτερικούς συνεργάτες για την παραγωγή των προϊόντων τους μπορούν να αποφασίσουν να αναλάβουν την κατασκευή οι ίδιες. Έτσι, οι τεχνολογίες 3D εκτύπωσης επιτρέπουν στα επιχειρηματικά μοντέλα να είναι δομημένα και πιο ευέλικτα

- **Επιχειρηματικά μοντέλα για ταχεία προτυποποίηση**

Ο Sosna et al. (2010) είπε πως οι καινοτόμες επιχειρήσεις «οργανώνουν, σχεδιάζουν, δοκιμάζουν και ξαναδοκιμάζουν εναλλακτικά επιχειρηματικά μοντέλα μέχρι να βρουν αυτό που ταιριάζει καλύτερα στους στόχους του». Ενώ για τις

επιχειρήσεις συχνά δεν υπάρχει άλλη επιλογή εκτός από τη δοκιμή και το ενδεχόμενο λάθους, όταν πρόκειται για καινοτόμες επιχειρήσεις, αυτή η διερευνητική διαδικασία συνήθως επιφέρει σημαντικό κόστος. Πολλές επιχειρήσεις δεν έχουν δεύτερη ευκαιρία για να πειραματιστούν και συνήθως επιλέγουν να μάθουν από την αποτυχία των άλλων.

Αντιθέτως, η πρόσβαση σε τεχνολογίες 3D εκτύπωσης επιτρέπει τις δοκιμές διάφορων επιχειρηματικών μοντέλων με μικρό κόστος. Νέες ιδέες ή σχέδια μπορούν να ελεγχθούν γρήγορα και στην ουσία αυξάνονται οι δυνατότητες πειραματισμού.

Ως εκ τούτου, τέτοιες τεχνολογίες, οι οποίες χρησιμοποιούνταν στην αρχή για την ταχεία προτυποποίηση των αντικειμένων, μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν για την ταχεία προτυποποίηση των επιχειρηματικών μοντέλων.

8.3. Στρατηγική βιωσιμότητας

Καθώς οι στρατηγικές βιωσιμότητας πρέπει να κοιτούν στο μέλλον, στο στρατηγικό σχεδιασμό των εταιρειών θα πρέπει να ενσωματωθούν οι εκτιμήσεις για τον αντίκτυπο που θα έχει η συνεχώς διευρυνόμενη εφαρμογή των τεχνολογιών της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Υπάρχει μία πληθώρα πιθανών σκέψεων και ευκαιριών που σχετίζονται με την χάραξη στρατηγικής που αναλύονται παρακάτω.

Ετοιμότητα γρήγορης δράσης. Υπάρχουν πολλές αβεβαιότητες που σχετίζονται με την τρισδιάστατη εκτύπωση, η οποία επίσης πλέον αλλάζει γρήγορα, οπότε είναι σημαντικό οι εταιρείες να φτιάξουν ευέλικτα συστήματα και διαδικασίες που θα μπορούν να ενσωματώσουν τις εξελίξεις. Ένα παράδειγμα που επιβεβαιώνει το επιχείρημα αυτό είναι η αμερικάνικη βιομηχανία υποβοήθησης ακοής (Us hearing aid industry) που σε μόλις 500 ημέρες κατάφερε να μεταπηδήσει στην χρήση τρισδιάστατης παραγωγής (Harvard Business Review, 2015).

Εστίαση νοοτροπίας σχεδιασμού προς την λιτότητα (simplicity). Οι σχεδιαστές έως σήμερα κατά το σχεδιασμό των προϊόντων έπρεπε να εστιάζουν στους περιορισμούς που προέκυπταν από τις παραγωγικές διαδικασίες. Η τρισδιάστατη εκτύπωση παρέχει περισσότερη ελευθερία και ευελιξία στο σχεδιασμό, οπότε οι σχεδιαστές θα πρέπει να εσιάζουν περισσότερο στη λειτουργία του αντικειμένου. Οι εταιρείες λοιπόν θα πρέπει να τους ενθαρρύνουν να σχεδιάζουν με γνώμονα τη χρησιμοποίηση λιγότερων πρώτων υλών και την κατανάλωση μικρότερης ποσότητας ενέργειας. Ο Hugh Evans της 3D Systems είπε «Με την προσθετική παραγωγή δεν υπάρχουν περιορισμοί. Η πολυπλοκότητα είναι δωρεάν. Μπορείς να εσιάζεις στον σχεδιασμό ενός αντικειμένου που επιτυγχάνει τη

λειτουργία για την οποία προορίζεται με τη λιγότερη ποσότητα υλικού και τη μικρότερη ποσότητα ενέργειας».

Εκμετάλλευση τοπικοποίησης παραγωγής. Οι εταιρείες μπορούν να αποφύγουν έξοδα τα οποία προκύπτουν από ανάγκη μεταφοράς αντικειμένων που βρίσκονται σε άλλες χώρες.

Αξιοποίηση μικρότερων προμηθευτών. Με την παρουσία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, οι μεγαλύτερες εταιρείες μπορούν να συμπεριλάβουν στην εφοδιαστική τους αλυσίδα μικρότερες, που πλέον θα μπορούν να ενσωματώσουν αυτές τις τεχνολογίες με διαφορετικούς τρόπους.

Προετοιμασία του εργατικού δυναμικού. Οι εταιρείες θα πρέπει να διασφαλίσουν πως οι εργάτες διαθέτουν τις απαραίτητες δεξιότητες έχοντας ως γνώμονα όχι μόνο τις παραγωγικές διαδικασίες αλλά και το σχεδιασμό τρισδιάστατων μοντέλων.

Επένδυση σε έρευνα και ανάπτυξη. Η ανάγκη επένδυσης σε διαδικασίες έρευνας και ανάπτυξης είναι αυτονόητη για την βιωσιμότητα εταιρειών που ασχολούνται με την τεχνολογία. Με τη φύση των τεχνολογιών της τρισδιάστατης εκτύπωσης η συνεχής έρευνα είναι απολύτως απαραίτητη.

8.4. Πως θα κινηθεί η τρισδιάστατη τεχνολογία στο μέλλον

Αρχικά η 3D εκτύπωση θα επικεντρωθεί σε νέες και όχι καθιερωμένες αγορές. Υπάρχουν ήδη πολλά παραδείγματα αυτού, όπως ο χώρος των προσθετικών άκρων και τα δυσεύρετα ανταλλακτικά παλαιών προϊόντων. Με τον καιρό, οι ευκαιρίες για να εισέλθει περαιτέρω στην υπάρχουσα παραγωγή θα προκύψουν. Αυτό μπορεί να είναι μέσω πιο λιτών μεθόδων, υβριδικών μηχανών, αλλαγών στην αλυσίδα εφοδιασμού και τη διαδικασία σχεδιασμού.

Καθώς η ιστορία των επαναστατικών τεχνολογιών έχει δείξει, η τρισδιάστατη εκτύπωση δεν είναι δυνατόν να διακοπεί. Ο ανταγωνισμός θα οδηγήσει την αγορά προς τα εμπρός και με την πάροδο του χρόνου τα εμπόδια θα προσπελασθούν. Η ιστορία έχει δείξει επίσης ότι εφόσον ξεκινήσει η επανάσταση, η υιοθέτηση συμβαίνει πολύ πιο γρήγορα από ότι φαντάζεται κανείς. Η εκτύπωση παρέχει μια πλατφόρμα για συνεργασία που επιταχύνεται η καινοτομία και η επανάσταση στον υλικό κόσμο, ακριβώς όπως το Διαδίκτυο ενίσχυσε τη συνεργασία, την καινοτομία και επαναπροσδιόρισε τον ψηφιακό κόσμο.

8.5. Τεχνολογικές εξελίξεις στον ορίζοντα

Όπως όλες οι τεχνολογίες, η 3D εκτύπωση θα συνεχίσει να εξελίσσεται. Εκτός από την μείωση του κόστους (ιδίως για τους καταναλωτές), οι ερευνητές κάνουν

βήματα όσον αφορά την δυνατότητα εκτύπωσης μεγαλύτερων αντικειμένων, τα υλικά, την ταχύτητα και τη βελτίωση της σταθερότητας των διαδικασιών.

Υβριδικές τεχνολογίες

Υπάρχουν συστήματα που αναπτύσσονται και συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των παραδοσιακών αφαιρετικών διαδικασιών με αυτά της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Αυτές οι υβριδικές προσεγγίσεις εκτελούν εκτύπωση και κατεργασία την ίδια στιγμή, εξαλείφοντας την μετεπεξεργασία. Για παράδειγμα, τα περισσότερα μεταλλικά αντικείμενα που δημιουργούνται από τρισδιάστατη εκτύπωση απαιτούν ανθρώπινη παρέμβαση για φινίρισμα και μηχανική κατεργασία. Ωστόσο, η Ιαπωνική εταιρεία κατασκευής βαρέων μηχανημάτων Matsuura Machinery Corporation, έχει αναπτύξει ένα σύστημα που συνδυάζει 3D εκτύπωση με περιστροφή υψηλής ταχύτητας.

Λιθογραφία δύο φωτονίων

Ερευνητές στο πανεπιστήμιο τεχνολογίας της Βιέννης δημιούργησαν 3D αντικείμενα μεγέθους της τάξεως του μικρομέτρου, χρησιμοποιώντας μια τεχνική που ονομάζεται δύο φωτονίων λιθογραφία.

Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα γρήγορη οπότε και κατάλληλη για βιομηχανική παραγωγή. Σε παλαιότερες μεθόδους, η ταχύτητα ανερχόταν χιλιοστά ανά δευτερόλεπτο, σε αυτή τη μέθοδο ανέρχεται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Ενώ η δομή είναι ήδη πολύ μικρή, αναμένεται ότι εκτυπωτές κάποια μέρα θα παράγουν ακόμα μικρότερα αντικείμενα, ανοίγοντας νέες δυνατότητες για την καινοτομία σε τομείς όπως η ιατρική.

Χρήση πολλαπλών υλικών ταυτόχρονα

Οι ανακαλύψεις στην εκτύπωση πολλαπλών υλικών επιτρέπουν τη δημιουργία πιο σύνθετων προϊόντων. Ο 3D εκτυπωτής Objet Connex500 μπορεί να χρησιμοποιήσει 14 διαφορετικά είδη πλαστικού ταυτόχρονα. Αυτό που είναι εκπληκτικό είναι ότι τα υλικά τυπώνονται σε μία πορεία εργασίας. Εκτύπωση πολλών υλικών ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα στους σχεδιαστές να συνδυάζουν ποικίλες ιδιότητες, που προέρχονται από τις πρώτες ύλες, σε ένα προϊόν.

Χρησιμοποίηση ανακυκλώσιμων υλικών

Το Filabot είναι μια επιτραπέζια συσκευή που μπορεί να ανακυκλώσει μια σειρά από πλαστικά, συμπεριλαμβανομένων κανάτες γάλα και μπουκάλια σόδας,

4D Εκτύπωση

Εξελίσσεται μια τεχνολογία που εφόσον καταφέρει να καθιερωθεί θα δώσει νέα ώθηση στις μεθόδους εκτύπωσης καθώς ενσωματώνει και τη διάσταση του χρόνου.

Μία ερευνητική συνεργασία μεταξύ των τμημάτων Education και R&D της Stratasys και του Self-Assembly Lab του MIT, αναπτύσσεται μια νέα διαδικασία, γνωστή ως «4D εκτύπωση».

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν μια ριζική στροφή στην ταχεία πρωτοτυποποίηση , όπου τα αντικείμενα αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου για να εκτελέσουν προγραμματισμένες λειτουργίες, που έχουν ενσωματωθεί από την κατασκευή τους και βασίζονται απλά στις ιδιότητες των υλικών τους.

Με το νερό ως τον καταλύτη ενεργοποίησης, η τεχνική αυτή υπόσχεται νέες δυνατότητες για την ενσωμάτωση προγραμματισμού και την απλή διαδικασία λήψης αποφάσεων. Τα «έξυπνα» υλικά αποκτούν μια ρομποτική συμπεριφορά χωρίς την εξάρτηση από πολύπλοκες ηλεκτρομηχανικές συσκευές και εκτελούν την ρομποτική συμπεριφορά από μόνα του, όταν βρίσκονται κάτω από ορισμένες συνθήκες, όπως για παράδειγμα την επαφή με νερό.

Αν και δεν είναι ακόμα εμπορικά διαθέσιμη, η αυτο-σχηματοποίηση είναι μόνο η αρχή ενός ολόκληρου νέου καινοτόμου κόσμου στην κατασκευή, με την ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια.

Πρόκειται πραγματικά για μια ριζική αλλαγή πάνω στην κατανόηση των δομών, οι οποίες ενώ μέχρι σήμερα παρέμεναν στατικές και άκαμπτες, ίσως να μπορέσουν να γίνουν δυναμικές και προσαρμόσιμες.

9. Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη τις βαθιές ρίζες της παραδοσιακής παραγωγής και τις προκλήσεις που το εκκολλαπτόμενο κίνημα της τρισδιάστατης εκτύπωσης παρουσιάζει, τίθεται το εξής ερώτημα: Θα διαταράξει πραγματικά την παραγωγική βιομηχανία; Με λίγα λόγια: ναι. Όπως ο Economist αναφέρθηκε, μπορεί να είμαστε στα πρόθυρα της τρίτης βιομηχανικής επανάστασης, και όπως όλες οι επαναστάσεις, οι επιπτώσεις είναι ευρείες και βαθιές. Το ερώτημα για τους παραγωγούς σε οποιοδήποτε σημείο της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι το πώς θα πρέπει να αλλάξουν για να προσαρμοστούν στην τρισδιάστατη εκτύπωση. Βραχυπρόθεσμα, δεν θα πάει πρόσωπο με πρόσωπο με την παραδοσιακή παραγωγή μεγάλης κλίμακας, αλλά όλο και περισσότερο θα χρησιμοποιείται για τη δημιουργία πρωτοτύπων, εργαλείων, ανταλλακτικών και για την άμεση παραγωγή ιδιαίτερας προσαρμοσμένων ή τεχνικά πολύπλοκων προϊόντων σε μικρές ποσότητες.

Καθώς τα όρια για το μέγεθος αντικειμένου και η ταχύτητα εκτύπωσης θα μειώνονται και η τιμή των υλικών εκτύπωσης θα πέφτει, τα οικονομικά της παραγωγής θα αλλάξουν δραματικά υπέρ της. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στην περίπτωση που εξετάζουμε το κόστος από την αρχή ως το τέλος της παραγωγικής διαδικασίας, δηλαδή το σχεδιασμό, την παραγωγή, τη συναρμολόγηση, τη μεταφορά, τη διανομή, τη λειτουργία αλλά και την πιθανή ανάγκη επισκευής ενός προϊόντος. Οι άνθρωποι θα χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο τα προϊόντα που είτε θα περιέχουν τυπωμένα στοιχεία είτε θα είναι πλήρως τυπωμένα.

Λόγω των ανώτερων χαρακτηριστικών των τυπωμένων προϊόντων, αυτά θα είναι πιο επιθυμητά. Νεοφυείς επιχειρήσεις θα ανθίσουν με νέες και καινοτόμες ιδέες που θα έχουν τα μέσα για την ταχεία κλιμάκωση της παραγωγής με ελάχιστη επένδυση κεφαλαίου. Αυτές οι νεοφυείς επιχειρήσεις, με την ευκινησία τους θα είναι οι ανταγωνιστές του αύριο.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια ψηφιακή τεχνολογία, όχι απλώς μια τεχνολογία κατασκευής. Με τις ανοιχτές και δημοκρατικές ιδιότητές της, ωθεί την καινοτομία. Έχει μειώσει τα εμπόδια εισόδου στην αγορά της παραγωγής και έχει δημιουργήσει ανάφλεξη στη δημιουργικότητα των μαζών. Σχεδόν καθημερινά δημιουργεί νέα προϊόντα και υπηρεσίες, που βασίζονται περισσότερο στη συνεργασία.

Πηγές

- Abele, E., Elzenheimer, J., Liebeck, T., & Meyer, T. (2006). Globalization and Decentralization of Manufacturing. In A. Dashchenko, Reconfigurable Manufacturing Systems and Transformable Factories (pp. 3-13). Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Acebrón, L., & Dopico, D. (2000). The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: an empirical application for beef. Food Quality and Preference.
- AEROSPACE 3D Printing ready for take-off
https://www.aerosociety.com/Assets/Docs/Protected/Subscribers/AEROSPACE/AEROSPACE_1506.pdf
- AM Platform. (2013). Additive Manufacturing: Strategic Research Agenda. UK: AM Sub-Platform.
<http://www.rmplatform.com/linkdoc/AM%20SRA%20Consultation%20Document.pdf>
- AM Platform. (2014). Additive Manufacturing: Strategic Research Agenda. UK: AM Sub-Platform
<http://www.rm-platform.com/linkdoc/AM%20SRA%20-%20February%202014.pdf>
- AM SIG. (2012). Shaping our national competency in additive manufacturing. Technology St
- Anderson, C. (2012). Makers: The New Industrial Revolution. New York: Crown Business.
- APQC. (2013). Manufacturing: Centralization versus Decentralization. Houston, Texas: APQC.
- ASDReports. (2014). 3D Printing Material (ABS, PLA, Photopolymer, Ceramics etc.), Technology, Application Market - A Global Study (2014-2022).
<https://www.asdreports.com/shopexd.asp?id=105427>
- ASTM. (2009). ASTM Additive Manufacturing Committee Approves Terminology Standard.
<http://www.astmnewsroom.org/default.aspx?pageid=1944>
- ASTM. (2013). Additive Manufacturing Technology Standards.
<http://www.astm.org/Standards/additive-manufacturing-technology-standards.html>
- BCC Research. (2007). Global Electronics: High-Growth Products and New Markets.

- <http://www.bccresearch.com/market-research/information-technology/electronics-products-markets-ift063a.html>
- Bourell, D., Leu, M., & Rosen, D. (2009). Roadmap for Additive Manufacturing - Identifying the Future of Freeform Processing. The University of Texas, Laboratory for Freeform Fabrication Advanced Manufacturing Center. Austin: The University of Texas
 - Briggs, B., Cotteleer, M., Brown, D., & Brown, R. (2014). Disruptive Technologies and their Impact on E&C. 2014 Engineering & Construction Conference - Bridging Innovation in the Industry -Deloitte.
 - Brumback, M., & Potter, D. (2007). Decentralized method for manufacturing hearing aid devices
<http://www.google.com/patents/US716232>
 - BSR: Good Jobs in the Age of Automation: Challenges and Opportunities for the Private Sector
<https://www.bsr.org/our-insights/report-view/inclusive-economy-brief-jobs-and-automation>
 - Burrus, D. (2013). 3D Printing (Additive Manufacturing) Is Turning the Impossible Into the Possible
<http://bigthink.com/flash-foresight/3d-printing-additive-manufacturing-is-turning-the-impossible-into-the-possible>
 - Copeland, E. (2012). 3D Printing: The end of the globalised supply chain?
http://www.supplychaindigital.com/global_logistics/3d-printing-the-end-of-the-globalised-supply-chain
 - Deloitte. (2014). Technology, Media & Telecommunications Predictions 2014. London: The Creative Studio Deloitte.
 - Deloitte Global Life Sciences Outlook. (2014).
<http://www2.deloitte.com/global/en/pages/lifesciencesandhealthcare/articles/2014-global-life-sciences-outlook.html>.
 - Dental Lab Products. (2011). The shifting production of crowns and bridges.
<http://www.dentalproductsreport.com/lab/article/shifting-production-crowns-and-bridges>
 - Dental Products Report. (2012, February 21). Objet 3D printers approved for Sirona model production.
<http://www.dentalproductsreport.com/blog/objet-3d-printers-approved-sirona-model-production>

- DEVEN R. DESAI&GERARD N. MAGLIOCCA: Patents, Meet Napster: 3D Printing and the Digitization of Things published by THE GEORGETOWN LAW JOURNAL 2014
https://law.wm.edu/academics/intellecualife/conferencesandlectures/propertyrights/registration/Panel%204/4-01_DesaiMagliocca_Patents%20Meet%20Napster.pdf
- Divergent3D
<http://www.divergent3d.com>
- Douglass C. North, Capitalism and Economic Growth, in The Economic Sociology of Capitalism
- Driscoll, B. (2008). Rapid Manufacturing and the Global Economy. Cambridge: University of Cambridge.
- Drummond, A. (2013) Evolution of 3D Printing. The Zeitgeist Movement Official Blog.
<http://blog.thezeitgeistmovement.com/blog/4ndy/evolution-3d-printing>
- Duray, R. (2002). Mass customization origins: mass or custom manufacturing? International Journal of Operations & Production Management,
- Emory Healthcare. (2014). Frequently Asked Questions About Hearing Aids.
<https://www.emoryhealthcare.org/ear-nose-throat/audiology/faq-hearing-aids.html>
- EOS. (2013a). Additive Manufacturing in Dentistry. Krailling/Munich: EOS GmbH.
<http://ip-saas-eos-cms.s3.amazonaws.com/public/508ff2c0a6165bd3/60c614348e6567015ec451a23e5788e5/dentalbroschuere.pdf>
- EOS. (2013b). Additive Manufacturing in the Medical Field. Krailling/Munich: E-Manufacturing Solutions.
<https://ip-saas-eos-cms.s3.amazonaws.com/public/b674141e654eb94c/c5240ec3f487106801eb6963b578f75e/medicalbrochure.pdf>
- European Commission. (2014, April 4). “3D printing” holds potential to transform how objects are manufactured.
<http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/%E2%80%9C3d-printing%E2%80%9D-holds-potential-transform-how-objects-are-manufactured>
- Everyday Health, Inc. (2013). Dental Crowns.
<http://www.topdentists.com/learn/dental-crowns/>
- Fablabs
<https://www.fablabs.io/labs>

- Finocchiaro, Charles. "Personal Factory Or Catalyst For Piracy?" *Cardozo Arts And Entertainment Law Journal* (2013)
- Formlabs. (2015). Form 1+ High-Resolution 3D Printer.
<http://formlabs.com/en/products/form-1-plus/>
- Fortus 3D production systems. (2009). Compressing the design cycle at Ducati.
[http://www.cimetrixsolutions.com/downloads/AP-Ducati\(Automotive-FunctionalPrototyping\).pdf](http://www.cimetrixsolutions.com/downloads/AP-Ducati(Automotive-FunctionalPrototyping).pdf)
- Gart, C., & Zamanian, K. (2009). U.S. dental CAD/CAM markets to experience rapid growth through 2015. *Journal of Dental Technology*
- Gartner Hype Cyclefor Emerging Technologies. (2012).
<https://www.gartner.com/doc/2574916>.
- Gartner Hype Cyclefor Emerging Technologies. (2013).
<https://www.gartner.com/doc/2574916>.
- Gausemeier, J., Echterhoff, N., & Wall, M. (2013). Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing - Innovation Roadmapping of Required Advancements. Paderborn: Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn.
- Gausemeier, J., Echterhoff, N., Kokoschka, M., & Wall, M. (2011). Thinking ahead the Future of Additive Manufacturing - Analysis of Promising Industries. Paderborn: Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn.
- Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2010). *Additive Manufacturing Technologies*. New York: Springer Science+Business Media, LLC.
- Gizmodo 3D Printer Harnesses the Sun to Transform Egyptian Sand Into Glass 2011.
<http://gizmodo.com/5815588/3d-printer-harnesses-the-sun-to-transform-egyptian-sand-into-glass>
- Gross Doug: Obama's Speech Highlights Rise of 3-DPrinting CNN 2013
<http://edition.cnn.com/2013/02/13/tech/innovation/obama-3d-printing/>
- Gupta, N., Weber, C., Newsome, S., Wohlers, T., & Caffrey, T. (2012). *Additive Manufacturing: Status and Opportunities*. Institute for Defence Analyses. Washington DC: Science and Technology Policy Institute.
https://www.ida.org/stpi/occasionalpapers/papers/AM3D_33012_Final.pdf
- GXS. (2014). *The Automotive Industry*.
<http://www.edibasics.com/edi-by-industry/the-automotive-industry/>
- Harvard Business Review: The 3D Printing Revolution
<https://hbr.org/2015/05/the-3-d-printing-revolution>

- Hopkinson, N., Hague, R., & Dickens, P. (2006). Rapid Manufacturing: An Industrial Revolution for the Digital Age. Chichester/GB: John Wiley and Sons Ltd.
- Horne, S. (2013, August 4). How much do crowns cost? (W. Shiel Jr., Editor) http://www.medicinenet.com/dental_crowns/page5.htm#how_much_do_crowns_cost
- Huang, S. (2013). Supply Chain Management for Engineers. Boca Raton, Florida: CRC Press (Taylor & Francis Group).
- IEEE Spectrum. (2013). First 3-D-Printed Metal Gun Shows Tech Maturity <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/robotics/industrial-robots/first-3dprinted-metal-gun-shows-tech-maturity>
- Jacques, C. (2014). From 3D Printing to Smartphones, New High-Performance Thermoplastics Emerge <http://www.luxresearchinc.com/news-and-events/press-releases/read/3d-printing-smartphones-new-high-performance-thermoplastics>
- Julie E. Cohen, Copyright as Property in the Post-Industrial Economy: A Research Agenda, 2011 Wis. L. Rev. 141 (discussing other incentives to create copyrighted works).
- Katel, P. (2012). 3D Printing: Will it revolutionize manufacturing? (T. Billitteri, Ed.) CQ Researcher, 22(43),
- Kneissl, W. (2013). 3D Printing Materials. <http://www.idtechex.com/users/action/dl.asp?documentid=9475>
- Koren, Y. (2010). The Global Manufacturing Revolution. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Krassenstein, B. (2014). Over 50% of All Homes to Have 3D Printers By 2030 – Market Worth \$70 Billion Annually <http://3dprint.com/915/over-50-of-all-homes-to-have-3d-printers-by-2030-market-worth-70-billion-annually/>
- Lee, K. (2013). Motorola locks down 3D printing partner in quest to build modular smartphones <http://www.techradar.com/news/mobile-phones/phone-and-communications/motorola-and-3d-systems-team-up-to-produce-3d-printed-modular-smartphones-1201971>
- Maersk – Spare parts – Just press print (2014) <http://www.maersk.com/en/the-maersk-group/about-us/publications/maersk-post/2014-3/spare-parts-just-press-print>

- Make Parts Fast, 3D printing's stellar, amazing year (2011)
<http://www.makepartsfast.com/2011/12/3007/3d-printings-stellar-amazing-year/>
- Manners-Bell, J., & Lyon, K. (2012). The Implications of 3D-Printing for the Global Logistic Industry. Brinkworth, Wiltshire: Transport Intelligence Ltd.
- Markillie, P. (2012). A third industrial revolution.
<http://www.economist.com/node/21552901>
- Mai Ye (2015), The impact of 3D Printing on the world Container Transport – Deft university of Technology
- McLellan, C. (2014, August 1). The history of 3D printing: A timeline.
<http://www.zdnet.com/the-history-of-3d-printing-a-timeline-7000032187/>
- Mota, C. (2011). The Rise of Personal Fabrication. C&C '11 Proceedings of the 8th ACM conference on Creativity and cognition (pp. 279-288). New York: ACM.
- Mourtzis, D., & Doukas, M. (2012). Decentralized manufacturing systems review: challenges and outlook. Logistics Research,
- Muller, J. (2010, September 9). BMW's Push for Made-to-Order Cars.
<http://www.forbes.com/forbes/2010/0927/companies-bmw-general-motors-cars-bespoke-auto.html>
- Neal Katyal: Disruptive Technologies and the Law
<https://georgetownlawjournal.org/articles/76/introduction-disruptive-technologies-law>
- Newman, J. (2014). Analysts Forecast Optimistic Future for Additive Manufacturing.
<http://www.rapidreadytech.com/2014/05/analysts-forecast-optimistic-future-for-additive-manufacturing/>
- Optomec. (2013). 3D Printed Electronics.
<http://www.optomec.com/Additive-Manufacturing-Applications/Printed-Electronics-for-3D-Printing>
- Optomec
<https://www.optomec.com/printed-electronics/aerosol-jet-core-applications/printed-antennas/>
- Peach, M. (2014). 3D printing market 'to quadruple to \$12bn in 2025'.
<http://optics.org/news/5/5/16>
- Peels, J. (2011, February 25). 3D printing in medicine: What is happening right now in patients.
<http://i.materialise.com/blog/entry/3d-printing-in-medicine-what-is-happening-right-now-in-patients>

- Printing Body Parts - A Sampling of Progress in Biological 3D Printing. (2014).
www.lifesciences.ieee.org
- Physics Today (2011) 3D printing breaks out of its mold
<http://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.1289>
- RedEye. (2014). 3 Key takeaways from Wohlers Report 2014.
<http://www.redeyeondemand.com/redeye-technology-insights/wohlers-report/>
- Roland Berger Strategy Consultants. (2013). Additive manufacturing - A game changer for the manufacturing industry? (p. 30). Munich: Roland Berger Strategy Consultants.
http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_Additive_Manufacturing_20131129.pdf
- Sharma, R. (2013, July 8). The 3D Printing Revolution You Have Not Heard About
<http://www.forbes.com/sites/rakeshsharma/2013/07/08/the-3d-printing-revolution-you-have-not-heard-about/>
- Shichen Zhang 2014: Location analysis of 3D Printer Manufacturing Industry
- Shipp, S., Gupta, N., Lal, B., Scott, J., Weber, C., Finnin, M, Thomas, S. (2012). Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing. Alexandria, Virginia (USA): Institute for Defense Analyses.
https://www.ida.org/upload/stpi/pdfs/p-4603_final2a.pdf
- Storch Joseph C. "3D Printing Your Way Down The Garden Path." JOURNAL Of INTELLECTUAL PROPERTY And ENTERTAINMENT LAW, (2014)
- Stratasys case study FDM Direct Digital Manufacturing Saves \$800,000 and Three Years Development Time Over Four-Year Period
<http://www.stratasys.com/resources/case-studies/defense/sheppard-air-force-base>
- Stratasys
<http://www.stratasys.com/industries/education/research/4d-printing-project>
- Stratasys case study Tough Enough for Armored Tanks,
<http://www.stratasys.com/Resources/Case-Studies/Military-FDM-Technology-Case-Studies/Case-Study.aspx>
- Strategy Board, Additive Manufacturing Special Interest Group. Swindon, UK: Materials KTN.
https://connect.innovateuk.org/c/document_library/get_file?uuid=3e6091f6-6874-4dc5-80ea-d565249cce45&groupId=47343

- The Economist. (2012). The third industrial revolution. Retrieved February 10, 2015, from The Economist:
<http://www.economist.com/node/21553017>
- Vallance, C. (2013). How tech is transforming jewellery.
<http://www.bbc.com/news/technology-21754924>
- Varun Bhasin & Muhammad Raheel Bodla (2014) Impact of 3D Printing on Global Supply Chains by 2020
- Victor Nee & Richard Swedberg, eds., 2005) (“[W]e are evolving political/economic/social structures that are radically different and more complex than any in our past and therefore the evolving human environment has no historical precedent from which to derive theoretical inspiration.”) .
- Wohlers Associates. (2014). Metal Additive Manufacturing Grows by Nearly 76% According to Wohlers Report 2014.
<http://wohlersassociates.com/press64.html>
- Wohlers Associates. (2014). Wohlers Report 2014 Uncovers Annual Growth of 34.9% for 3D Printing and Additive Manufacturing Industry.
<http://wohlersassociates.com/press63.html>
- Wohlers Associates, Inc. (2011). New Industry Report on Additive Manufacturing and 3D Printing Unveiled.
<http://www.wohlersassociates.com/press54.htm>
- Wohlers, T. (2010). AM FAQs.
<http://wohlersassociates.com/SepOct10TC.htm>
- Wohlers, T. (2012a, April). Additive Manufacturing Advances. (S. Webster, Ed.) Manufacturing Engineering Media,
- Wohlers, T. (2012b). Wohlers Report 2012. Fort Collins, Colorado: Wohlers Associates.
- Wohlers, T. (2012c). Recent Trends in Additive Manufacturing. AEPR '12, 17th European Forum on Rapid Prototyping and Manufacturing. Paris: Wohlers Associates.
- Wohlers, T. (2013a). Wohlers Report 2013. Fort Collins, Colorado: Wohlers Associates, Inc.
- Wohlers, T. (2013b). State of Additive Manufacturing. U.S. Manufacturing Competitiveness Initiative Dialogue (p. 16). Oak Ridge, Tennessee: Wohlers Associates Inc.
https://register.ornl.gov/2013/COC_Workshop/presentations/wohlers.pdf

- Wohlers Report 2011: Additive Manufacturing Technology Roadmap for Australia.
<http://3dprintingexpo.org/wp-content/uploads/Additive-Manufacturing-Technology-Roadmap-CSIRO-2011.pdf>
- Wohlers Report 2011: Additive Manufacturing and 3D Printing, State of the Industry.
- Wohlers Report 2013: Additive Manufacturing and 3D Printing, State of the Industry.
- Wohlers Report 2013: Wohlers Associates.
<https://wohlersassociates.com/2013report.htm>
- Wohlers Report 2014: 3D printing and additive manufacturing state of the industry---- annual worldwide progr Wohlers Associates
- Wohlers, T., & Gornet, T. (2013). History of additive manufacturing. Wohlers Report 2013,
- ZDNet ("IP Lawyer: Why 3D Printing Will Lead to 'thermonuclearWars' |ZDNet.").
[http://www.zdnet.com/why-3d-printing-wars-to-go-thermonuclear-7000028085/.](http://www.zdnet.com/why-3d-printing-wars-to-go-thermonuclear-7000028085/)
- 3ders.org. (2012)-The world's first 3D printed race car reaches 140 km/h.
<http://www.3ders.org/articles/20120827-the-world-first-3d-printed-race-car-reaches-140%20km-per-hour.html>
- 3ders.org. (2013). Price compare - 3D printing materials - Filament. from
<http://www.3ders.org/pricecompare/>
- 3ders.org. (2014). HEMA becomes first major Dutch retailer to sell 3D-printed jewelry.
<http://www.3ders.org/articles/20140225-hema-becomes-first-major-dutch-retailer-to-sell-3d-printed-jewelry.html>
- 3ders.org. (2014). The History of 3D Printing. Retrieved September
<http://www.3ders.org/3d-printing/3d-printing-history.html>
- 3DPrint.com: Amazon Files Patent for Mobile 3D Printing Delivery Trucks (2015)
<https://3dprint.com/46934/amazon-3d-printing-patent/>
- 3D Printed Heart Replica Helps Save the Life of a Nine-Month-Old Baby
[https://3dprint.com/124954/3d-printed-heart-saves-baby/.](https://3dprint.com/124954/3d-printed-heart-saves-baby/)
- 3D Systems: U.S. Military Better Visualizes Unfamiliar Conflict Settings With 3D Printing Technology from Z Corporation
<https://www.3dsystems.com/press-releases/us-military-better-visualizes-unfamiliar-conflict-settings-3d-printing-technology-z>

- 3D printing Investing News
<http://investingnews.com/daily/life-science-investing/medical-device-investing/top-3d-printing-companies-in-the-world/>
- Φίλιππος Σαββίδης The Times Of Change
<http://www.thetoc.gr/koinwnia/article/erxontai-oi-millennials-i-nea-generation---x>