



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ: ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΥΓΕΙΑΣ**

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ (Α.Μ: 743)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΘΑΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΙΓΙΟ - 2022

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σύγχρονη ψηφιακή εποχή, την οποία διανύουμε, είναι εντελώς διαφοροποιημένη από τις υπόλοιπες τις οποίες έχει βιώσει ο άνθρωπος, αφού ο ρυθμός των αλλαγών είναι πιο ραγδαίος από ποτέ. Η διαρκής ελάττωση του κόστους των διαθέσιμων τεχνολογιών αναπτύσσει καθοριστικές ευκαιρίες, οι οποίες είναι ζωτικής σημασίας να αξιοποιηθούν, αλλά παράλληλα και σοβαρούς κινδύνους, αφού τα κλασσικά όρια των τομέων διευρύνονται, αναπτύσσοντας καινούριες ανταγωνιστικές πιέσεις για εταιρίες και οργανισμούς, δίχως να υπάρχει καμία απολύτως εξάρτηση από τον τομέα τους.

Η καθοριστική ελάττωση του κόστους της υπολογιστικής ισχύος, της αποθήκευσης δεδομένων, της χρήσης ευρυζωνικών υπηρεσιών κλπ είναι εφικτό να επιφέρουν έναν εκθετικό ρυθμό μεταβολών, που θα ξεπεράσει τα όρια των τομέων και των γεωγραφιών, αναπτύσσοντας περισσότερες και καλύτερες ευκαιρίες καθώς επίσης και διαταραχές σε αρκετούς και διαφορετικούς τομείς, συμπεριλαμβανομένου του τομέα της υγείας. Αρκετές εφαρμογές σε αυτόν τον τομέα πλέον έχουν και οι οπτικές ίνες, που αποτελούν πεδίο έρευνας της εν λόγω εργασίας.

Επί της ουσίας, οι οπτικές ίνες είναι εξαιρετικά λεπτά νήματα από πλαστικό είτε από γυαλί, με διάμετρο πιο μικρή των 8μm όπου μέσα τους μεταδίδονται ψηφιακές πληροφορίες, έχοντας τη μορφή φωτός. Τις περισσότερες φορές τις βρίσκουμε σε δέσμες, οι οποίες αναπτύσσουν τα καλούμενα οπτικά καλώδια. Ένα καλώδιο αυτής της μορφής περιλαμβάνει μέσα του δεκάδες είτε ακόμα και εκατοντάδες εξαιρετικά λεπτές παρόμοιες ίνες, με διάμετρο πιο μικρή και από μια τρίχα. Με τη χρήση ακτινών λέιζερ, ένα σήμα είναι δυνατόν να μεταδοθεί διαμέσου αυτών των ινών σε απόσταση που ξεπερνά και τα 50 χιλιόμετρα.

Στη σημερινή εποχή, τα συγκεκριμένα νήματα χρησιμεύουν αντί των μεταλλικών καλωδίων, καθώς τα σήματα ταξιδεύουν μαζί τους με πιο μικρές απώλειες και ταυτόχρονα δεν δέχονται καθοριστικές επιρροές και επιδράσεις από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Τα νήματα αυτά χρησιμεύουν ακόμα και για φωτισμό ενώ είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και για τη μεταφορά εικόνων κλπ.

ABSTRACT

The modern digital age we are going through is completely different from the rest that man has experienced, since the pace of change is faster than ever. The constant reduction of the costs of the available technologies develops crucial opportunities, which are vital to take advantage of, but at the same time serious risks, as the classical boundaries of the sectors widen, developing new competitive pressures for companies and organizations, without any dependence on their field.

The decisive reduction of the cost of computing power, data storage, use of broadband services, etc. is possible to bring about an exponential rate of change, which will go beyond the boundaries of sectors and geographies, developing more and better opportunities as well as disruptions in many and different sectors, including the health sector. Fiber optics, which is a field of research in this work, now have several applications in this field.

In essence, optical fibers are extremely thin filaments of plastic or glass, with a diameter of less than $8\mu\text{m}$ where digital information is transmitted through them, in the form of light. Most often we find them in bundles, which develop the so-called optical cables. A cable of this shape contains tens or even hundreds of extremely thin similar fibers, less than a hair in diameter. With the use of laser beams, a signal can be transmitted through these fibers over a distance of more than 50 kilometers.

Nowadays, these threads serve instead of metal cables, as the signals travel with them with smaller losses and at the same time do not accept decisive influences and effects from electromagnetic interference. These threads are even used for lighting and can be used to transfer images, etc.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ABSTRACT	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ	8
1.1 Βασικές έννοιες	8
1.2 Είδη	10
1.3 Βασικές αρχές λειτουργίας	13
1.4 Δομή και χαρακτηριστικά	15
1.5 Τρόποι αποκωδικοποίησης και μέθοδοι	17
1.6 Πλανακήματα-μειονακήματα	19
1.7 Εφαρμογές και προοπτικές	20
ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΕΙΑΣ	24
2.1 Υγεία και τεχνολογία	24
2.2 Είδη ψηφιοποίησης υγείας	26
2.3 Συνέπειες κλοφρέτη	28
2.4 Ψηφιοποίηση βασικών εξοπλισμών στην υγεία	31
2.5 Προβλήματα	36
ΧΡΗΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΥΓΕΙΑΣ	38
3.1 Εισαγωγή	38
3.2 Εφαρμογές οπτικών κώνων στην υγεία	39
3.3 Η πιο διαδεδομένη χρήση των οπτικών κώνων στην ιατρική - Ενδοσκόπιο	48
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	56

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Εξέλιξη χωρητικότητας οπτικών σημάτων	9
Εικόνα 1.2: Οπτικές ίνες	10
Εικόνα 1.3: Είδη οπτικών ινών	11
Εικόνα 1.4: Βασική αρχή λειτουργίας οπτικών ινών	15
Εικόνα 1.5: Διάδοση οπτικών ινών ανάλογα με το είδος τους	18
Εικόνα 2.1: Η Αμερικάνικη αγορά ψηφιακής υγείας ανά τεχνολογία	27
Εικόνα 2.2: Ρομποτική στον τομέα της υγείας	32
Εικόνα 2.3: Καρδιακές βολβίδες που έχουν αναπτυχθεί από σελικόνη με 3D εκτύπωση	35
Εικόνα 2.4: Internet of Things στην υγεία	36
Εικόνα 3.1: Εφαρμογή οπτικών ινών στα ενδοσκόπια	41
Εικόνα 3.2: Εγγενείς και εξωγενείς αισθητήρες οπτικών ινών	43
Εικόνα 3.3: Εφαρμογές οπτικών ινών στην ιατρική	45
Εικόνα 3.4: Χρήση ενδοσκοπίου οπτικής ίνας με στόχο την διερεύνηση του στομάχου	49
Εικόνα 3.5: Χρήση οπτικών ινών στην υγεία	51

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Άξονες και στόχοι ψηφιακής υγείας	25
--	----

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας από την βιομηχανική επανάσταση και μετέπειτα είναι ραγδαία. Μάλιστα, ο ρυθμός ανάπτυξής της, με το πέρασμα των ετών, είναι ακόμη πιο μεγάλος. Με αυτόν τον τρόπο, η τεχνολογία έχει έρθει να εξυπηρετήσει καθώς επίσης και να καλύψει όσο γίνεται περισσότερες καινούριες προκύπτουσες απαιτήσεις των ανθρώπων, συμβάλλοντας στην ανοδική τάση του βιοτικού τους επιπέδου.

Μια από τις πιο καθοριστικές απαιτήσεις τους ήταν εκείνη της επικοινωνίας. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, επομένως, προσέφερε τη δυνατότητα για ανάπτυξη δικτύων τηλεπικοινωνίας που διασυνδέουν και τα πιο απομακρυσμένα μέρη της γης, προσφέροντας την ευχέρεια της επικοινωνίας των ανθρώπων μεταξύ τους, δίχως να υφίστανται γεωγραφικά ή άλλα όρια. Κατόρθωσε, επομένως, με την ανάπτυξη ενός δικτύου μεταφοράς πληροφοριών να διασυνδέσει όλους τους ανθρώπους.

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, όμως, επέφερε και την ανάπτυξη του διαδικτύου. Στη σημερινή εποχή στο συγκεκριμένο μέσο οι άνθρωποι έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν κάθε μορφή πληροφοριών, δίχως να υπάρχει περιορισμός στην συνομιλία τους. Με αυτόν τον τρόπο στην σημερινή εποχή τα δίκτυα αυτής της μορφής έχουν μετατραπεί σε δίκτυα μεταφοράς πληροφοριών και όχι σε δίκτυα μεταφοράς ήχου.

Οι πληροφορίες, όμως, έχουν αρκετά πιο μεγάλο όγκο. Για αυτό το λόγο στη σύγχρονη εποχή οι ανάγκες από τα εν λόγω δίκτυα είναι πλέον αρκετά πιο μεγάλες. Όσο περισσότερο περνάνε τα χρόνια, οι πληροφορίες αυτής της μορφής θα έχουν ολοένα και πιο μεγάλο όγκο και ως επί το πλείστον λόγω της αισθητής ανοδικής τάσης των χρηστών του διαδικτύου.

Η παραπάνω εποχή έχει αναπτύξει την απαίτηση για ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη των παραπάνω δικτύων. Η ικανότητα μεταφοράς τεράστιου όγκου πληροφοριών έγινε ζωτικής σημασίας. Παράλληλα, η αισθητή ανοδική τάση του όγκου των πληροφοριών είχε ανάγκη από ένα δίκτυο με πιο μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς, με απώτερο σκοπό να είναι δυνατή σε λογικό χρονικό πλαίσιο.

Ακόμα, η διαρκής ανοδική τάση του συνόλου των χρηστών αυτού του μέσου χρειαζόταν την ανάπτυξη καινούριων δικτύων ακόμη και σε πιο απομακρυσμένα μέρη που να έχουν την ευχέρεια μεταφοράς αυτών των πληροφοριών. Βέβαια, η αξιοπιστία των καινούριων δικτύων ήταν μια καθοριστική παράμετρος αφού αρκετές εταιρίες και οργανισμοί εστίαζαν περισσότερο την δράση τους σε δικτυακές εφαρμογές.

Στο συγκεκριμένο πλαίσιο βρέθηκε μια από τις βασικότερες εφαρμογές που έχουν οι οπτικές ίνες. Παρουσιάστηκαν σαν ένα τμήμα ενός καινούριου τηλεπικοινωνιακού δικτύου, που ήταν το οπτικό δίκτυο. Το δίκτυο αυτού του είδους έκανε χρήση φωτεινών σημάτων με κυριότερο σκοπό την μετάδοση πληροφοριών αντί των κλασσικών ηλεκτρικών σημάτων. Το φως, όμως, κινείται πολύ πιο γρήγορα, σε πιο μικρές διαμέτρους καναλιών όπως επίσης και με αρκετά πιο χαμηλές απώλειες.

Το γεγονός αυτό προσέφερε τη δυνατότητα σε αυτά τα δίκτυα να παρουσιάζουν αρκετά πιο μεγάλες ταχύτητες καθώς επίσης και αρκετά πιο μεγάλη χωρητικότητα όγκου πληροφοριών. Τα παραπάνω γνωρίσματά τους είναι εκείνα που κίνησαν το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών, προκειμένου να πειραματιστούν και να αναπτύξουν περισσότερα δίκτυα αυτής της μορφής. Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος που πλέον τα εν λόγω δίκτυα έχουν επικρατήσει και έχουν αρκετές εφαρμογές σε διαφορετικούς τομείς. Ένας εξ αυτών είναι και εκείνος της υγείας, που θα μελετήσουμε σε αυτήν την εργασία.

ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

1.1 Βασικές έννοιες

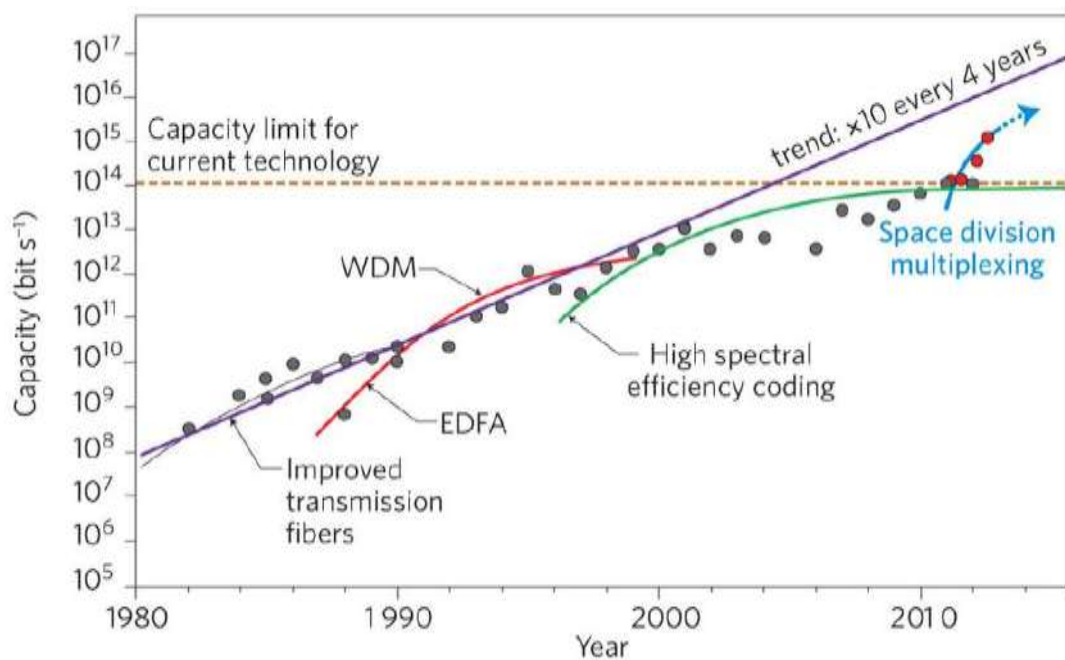
Επί της ουσίας, οι οπτικές ίνες που αποτελούν πεδίο έρευνας της εν λόγω εργασίας είναι εξαιρετικά λεπτά νήματα από πλαστικό είτε από γυαλί, με διάμετρο πιο μικρή από $8\mu\text{m}$, όπου μέσα τους μεταδίδονται ψηφιακές πληροφορίες, που έχουν τη μορφή φωτός. Με λίγα λόγια, τα συγκεκριμένα νήματα είναι μια τακτική μετάδοσης δεδομένων με τη μορφή παλμών φωτός (Αλεξόπουλος, 2013).

Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος που η φωτεινή πηγή είναι λέιζερ ή κάποια μορφή LED. Τα καλώδια αυτών των νημάτων χρησιμεύουν σε καθορισμένα μήκη κύματος φωτός. Το μήκος αυτό μιας καθορισμένης πηγής φωτός είναι το μήκος, υπολογισμένο σε nanometers, μεταξύ δυο συνεχόμενων κορυφών ενός κύματος φωτός το οποίο εκπέμπει μια πηγή (Hecht, 2015).

Η χρήση των παλμών αυτής της μορφής με απώτερο σκοπό τη μεταφορά ψηφιακών δεδομένων, τις περισσότερες φορές εξυπηρετεί παρόμοιους σκοπούς με τα χάλκινα καλώδια, τα οποία μεταφέρουν ηλεκτρικά σήματα. Κάθε είδος ηλεκτρικού σήματος το οποίο είναι εφικτό να μεταβληθεί σε παλμούς φωτός είναι δυνατόν να μεταδοθεί μέσα σε ένα καλώδιο οπτικών ινών (Αλεξανδρής, 2010).

Τα καλώδια που μελετάμε στη συγκεκριμένη εργασία έχουν ίδια στοιχεία στην ανάπτυξή τους με εκείνα των χάλκινων καλωδίων. Η βασικότερη διαφοροποίησή τους εντοπίζεται στο γεγονός πως τα καλώδια οπτικών ινών κάνουν χρήση γυαλιού με στόχο τη μετάδοση παλμών φωτός, ενώ από την άλλη πλευρά τα χάλκινα καλώδια κάνουν χρήση χάλκινων αγωγών με στόχο τη μετάδοση ηλεκτρικών σημάτων (Chomycz, 2014).

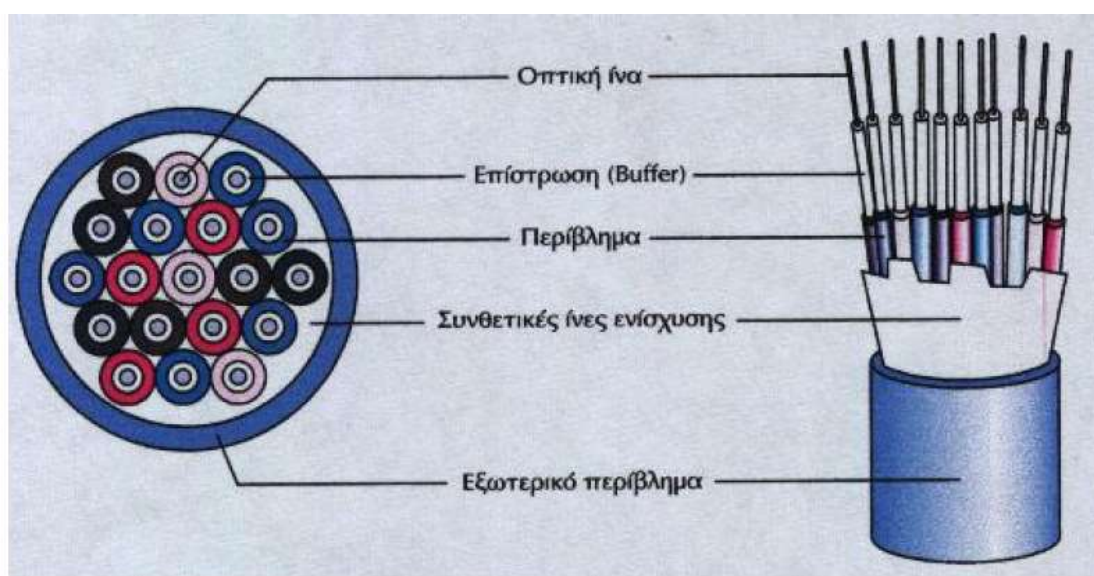
Τα καλώδια που μελετάμε σε αυτό το κεφάλαιο έχουν, παράλληλα, ένα είδος προστατευτικού μονωτικού υλικού το οποίο έχει τη δυνατότητα να καλύψει όλες τις γυάλινες οπτικές ίνες καθώς επίσης και ένα περίβλημα το οποίο καλύπτει ολόκληρη τη συγκρότηση των καλωδίων αυτής της μορφής. Κάποια καλώδια αυτού του είδους περιέχουν μια θωράκιση καλωδίων. Οι εν λόγω θωρακίσεις κατά κύριο λόγο αφορούν ένα προαιρετικό χαρακτηριστικό και περιέχονται μονάχα σε ορισμένα είδη καλωδίων αυτής της μορφής (Αλεξόπουλος, 2013).



Εικόνα 1.1 : Εξέλιξη χωρητικότητας οπτικών σημάτων (Δέδε, 2013)

Στη σημερινή εποχή, υφίσταται ένας σημαντικός τομέας της επιστήμης ο οποίος εστιάζει στην έρευνα για τις προοπτικές και τις εφαρμογές αυτών των καλωδίων. Η τεχνολογία που μελετάμε σε αυτή την εργασία χρησιμεύει ευρέως σε δίκτυα επικοινωνιών και προσφέρει την ευχέρεια μετάδοσης φωτεινών σημάτων σε πιο μεγάλες αποστάσεις καθώς επίσης και σε πιο υψηλό εύρος ζώνης συγκριτικά με τα υπόλοιπα είδη μετάδοσης σημάτων, όπως είναι για παράδειγμα ο χαλκός, ενώ η ταχύτητα μετάδοσης πλησιάζει σε μεγάλο βαθμό εκείνη της διάδοσης του φωτός (Hecht, 2015).

Το συγκεκριμένο μέσο αποτελούν 2 διηλεκτρικά, που είναι ο πυρήνας με δείκτη διάθλασης n_1 στο κέντρο του καθώς επίσης και ο μανδύας τον οποίο περιβάλλει με δείκτη διάθλασης n_2 (οριακά πιο μικρό του προηγούμενου δείκτη). Η παραπάνω συνθήκη είναι εκείνη η οποία εξασφαλίζει την ικανότητα διαρκώς ολικών εσωτερικών ανακλάσεων των εν λόγω σημάτων εντός αυτών των μέσων. Τα δυο παραπάνω διηλεκτρικά, για λόγους μηχανικής αντοχής, θα πρέπει να καλύπτονται με ένα προστατευτικό περίβλημα (Καρυπίδης, 2018).



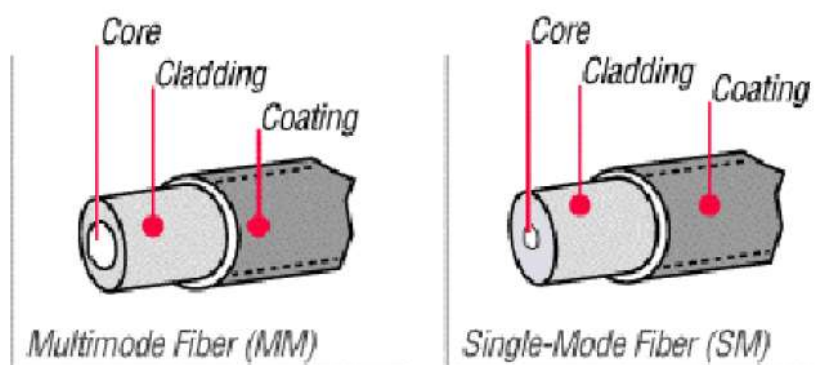
Εικόνα 1.2 : Οπτικές ίνες (Αλεξανδρής, 2010)

12 Είδη

Οι οπτικές ίνες, όπως προαναφέρθηκε, περιέχονται από 2 διηλεκτρικά, που είναι ο πυρήνας και ο μανδύας (που πολλές φορές ορίζεται και με τον όρο επένδυση). Και τα δυο αυτά μέρη έχουν αναπτυχθεί από γυαλί αλλά ο μανδύας εμφανίζει πιο μικρό δείκτη διάθλασης σε σχέση με τον πυρήνα. Μόλις το φως εισχωρήσει σε αυτό το μέσο με μια γωνία, ταξιδεύει σε μια πορεία η οποία ονομάζεται ρυθμός (Αλεξανδρής, 2018).

Σύμφωνα με το είδος αυτού του μέσου είναι εφικτό να υπάρξουν από μια έως και αρκετές εκατοντάδες ρυθμοί, αφού το σύνολο τους σε ένα τέτοιο μέσο έχει άμεση σχέση με τη διάμετρο του πυρήνα και το μήκος κύματος. Ο εκάστοτε ρυθμός έχει ένα καθορισμένο ποσοστό φωτός από το σήμα το οποίο εισχωρεί. Σύμφωνα με έρευνες όλων αυτών των ετών, στη σημερινή εποχή υφίστανται δυο σημαντικά είδη αυτών των μέσων και είναι οι πολύτροπες αλλά και οι μονότροπες (Al-Azzawi, 2017).

Τα δυο αυτά είδη κατά κύριο λόγο δρουν σαν ένα μέσο μετάδοσης φωτός, αλλά παράλληλα δρουν με διαφοροποιημένες μεθόδους, αφού έχουν διαφοροποιημένα γνωρίσματα και εξυπηρετούν διαφοροποιημένες εφαρμογές. Οι διαφοροποιημένες αυτές τακτικές υποχρεώνουν τις ακτίνες να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, με βασικότερη συνέπεια να υπάρχει ο βέλτιστος εφικτός ρυθμός από bits σε ένα τέτοιο μέσο (Zlatanov, 2017).



Εικόνα 1.3 : Είδη οπτικών ινών (Chomycz, 2014)

Σε ό,τι έχει να κάνει με τις μονότροπες ίνες, είναι χρήσιμο να σημειωθεί πως ένα τέτοιο είδος προσφέρει τη δυνατότητα ύπαρξης μονάχα ενός ρυθμού, προκειμένου το φως να καταφέρει να περάσει σε αυτό το μέσο. Η διάμετρος της βασικής ίνας είναι εξαιρετικά μικρή και αγγίζει το επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου σήματος. Επί της ουσίας, το μέγεθος του πυρήνα σε αυτό το είδος είναι 2-10 μm (Ζευγώλης, 2018).

Εξαιτίας του μεγέθους που έχει ο πυρήνας αυτού του μέσου υφίσταται μονάχα ένας ρυθμός μετάδοσης αυτού του σήματος, που είναι αξονικός. Σε αυτή την περίπτωση το φως το οποίο περιλαμβάνεται στον πυρήνα υποχρεώνεται να ταξιδέψει σε ευθεία γραμμή. Το συγκεκριμένο είδος ινών έχει πιο μεγάλη δυνατότητα να μεταφέρει ψηφιακά δεδομένα ακόμα και σε τεράστιες αποστάσεις. Αυτό έχει σαν βασικότερη συνέπεια να χρησιμεύουν ευρέως και να είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες (Αλεξανδρή, 2010).

Κατά κύριο λόγο το παραπάνω είδος χρησιμεύει σε εφαρμογές με μικρότερες απώλειες σήματος καθώς επίσης και με πιο υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης ψηφιακών πληροφοριών, όπως είναι για παράδειγμα σε τεράστιες εκτάσεις, στις οποίες η απόσταση ανάμεσα στους ενισχυτές χρειάζεται να βελτιστοποιηθεί. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, το εν λόγω είδος τείνει να είναι πιο ακριβό (Hayes, 2017).

Οι οπτικές ίνες αυτού του είδους έχουν την ευχέρεια να μεταδώσουν ψηφιακές πληροφορίες με ταχύτητα από 50 έως και 100 χιλιόμετρα δίχως ενίσχυση. Σε διάφορα εργαστήρια έχουν κατορθωθεί πιο υψηλοί ρυθμοί για πιο κοντινές αποστάσεις. Το παραπάνω είδος ινών έχει κίτρινο χρώμα, προκειμένου να μπορούμε να το διακρίνουμε (Rongqing, 2019).

Από την άλλη μεριά, η δεύτερη κατηγορία αυτών των ινών ήταν οι πρώτες οι οποίες βγήκαν στην αγορά και προσφέρουν τη δυνατότητα πιο πολλών ρυθμών με στόχο την οπτική μετάδοση. Επί της ουσίας προσφέρει την ευχέρεια παράλληλης μετάδοσης αρκετών και διαφορετικών ρυθμών ταλάντωσης διαμέσου αυτών των ινών. Τα πιο διαδεδομένα μεγέθη του πυρήνα κυμαίνονται από 50 μέχρι και 62,5 μm (Hecht, 2015).

Σε πυρήνες αυτών των μέσων και του συγκεκριμένου μεγέθους, το φως έχει την ευχέρεια να διακριθεί σε αρκετά και διαφορετικά μονοπάτια. Ο ρυθμός της μετάδοσης αυτού του είδους είναι δυνατόν να αγγίζει τα 200 Mbs σε αποστάσεις πιο μικρές των 100 m ενώ το εύρος ζώνης του επί της ουσίας δεν έχει περιορισμό.

Κατ' επέκταση, το συγκεκριμένο είδος χρησιμεύει κατά βάση σε συστήματα μετάδοσης για μικρότερες αποστάσεις, συμβαίνει για παράδειγμα με τοπικά δίκτυα είτε δίκτυα πρόσβασης. Ακόμα, είναι εξαιρετικά φθηνά, καθώς χρησιμεύουν με

οικονομικούς συνδετήρες όπως επίσης και διάφορους πομπούς LED. Με κυριότερο σκοπό να μπορούμε να τα διακρίνουμε από το προηγούμενο είδος, το χρώμα τους είναι πορτοκαλί (Rongqing, 2019).

Συνοψίζοντας, πρέπει να τονιστεί πως η πρώτη κατηγορία ινών προσφέρει τη δυνατότητα μετάδοσης μονάχα με έναν ρυθμό ταλάντωσης στον πυρήνα αυτού του μέσου και περιέχει πιο μικρό πυρήνα σε σχέση με το δεύτερο είδος. Κατ' επέκταση, έχει πιο μεγάλη χωρητικότητα συγκριτικά με το δεύτερο είδος και μεταδίδει ευθύγραμμα τα σήματά, με κυριότερη συνέπεια να χρησιμεύει σε πιο μεγάλες αποστάσεις. Παρόλα αυτά, όμως, εξαιτίας των εξαιρετικά αυστηρών ορίων ανοχής που χρειάζονται με απώτερο σκοπό τη διέλευση φωτός, οι μονότροποι εκπομποί, δέκτες, ενισχυτές όπως επίσης και τα υπόλοιπα εξαρτήματα αυτού του είδους είναι πιο ακριβά σε σχέση με τον εξοπλισμό που χρειάζονται οι ίνες της δεύτερης κατηγορίας (Αλεξανδρή, 2010).

13 Βασικές αρχές λειτουργίας

Η δράση των συγκεκριμένων μέσων εστιάζει κατά κύριο λόγο στη δυνατότητα που έχουν να μεταδίδουν φως από ένα καθορισμένο σημείο σε ένα άλλο, εξαιτίας του τρόπου ανάπτυξής τους. Η μεγαλύτερη δυσκολία που συναντά το φως κατά την δράση του μέσα σε αυτά τα καλώδια οριοθετείται από τον δείκτη διάθλασης του υλικού από το οποίο έχει αναπτυχθεί (Αλεξόπουλος, 2013).

Με τον όρο δείκτης διάθλασης καλούμε το λόγο της ταχύτητας του φωτός στο κενό, που είναι η βέλτιστη εφικτή ταχύτητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, προς την ταχύτητα στο μέσο διάδοσης. Η ταχύτητα του φωτός σε ένα καθορισμένο υλικό ποτέ δεν ξεπερνά εκείνη του κενού και αντίστοιχα ο συντελεστής διάθλασης των διαφορετικών υλικών είναι πάντοτε πιο μεγάλος από εκείνον του κενού (Zlatanov, 2017).

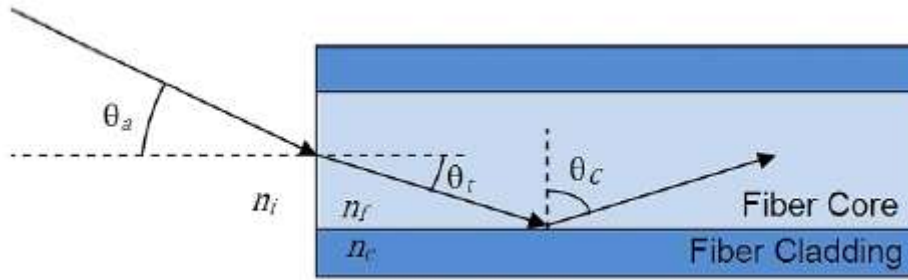
Η διάδοση του φωτός στα υλικά, γενικότερα, αναφέρεται στο νόμο του Snell ο οποίος οριοθετεί τις γωνίες πρόσπτωσης/ανάκλασης θ_1 και διάθλασης θ_2 χρησιμοποιώντας τον λόγο των δεικτών διάθλασης των υλικών. Ο συγκεκριμένος νόμος αναφέρει πως στην περίπτωση στην οποία το φως κινείται προς ένα υλικό με πιο

μικρό δείκτη διάθλασης, από εκείνο όπου είναι, και η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή δεν θα υλοποιηθεί διάθλαση αλλά ολική ανάκλαση (Καρυπίδης, 2018).

Η χαρακτηριστική γωνία διαμέσου της οποίας υφίσταται η παραπάνω κατάσταση καλείται οριακή γωνία. Το παραπάνω φαινόμενο έχει σαν βασικότερη συνέπεια τη διαρκή διάδοση του φωτός σε αυτό το υλικό και αποτελεί την βασική αρχή λειτουργίας αυτών των νημάτων. Το φως διαδίδεται μέσα σε αυτά εξαιτίας των διαρκών ανακλάσεων που υφίστανται στο εσωτερικό τους. Η γωνία που προαναφέρθηκε οριοθετείται από το δείκτη διάθλασης και των δυο υλικών (Αλεξανδρή, 2010).

Στην περίπτωση των καλωδίων που μελετάμε σε αυτή την εργασία, η συγκεκριμένη γωνία αναλογεί σε έναν κώνο που οριοθετείται από το αριθμητικό άνοιγμα του εν λόγω μέσου (βλέπε εικόνα 1.4). Το συγκεκριμένο άνοιγμα αποτελεί το ημίτονο της μέγιστης γωνίας εισχώρησης μιας ακτίνας φωτός προκειμένου εκείνη να διαδοθεί μέσα σε αυτά τα καλώδια με ολική ανάκλαση (Rongqing, 2019).

Από την άλλη μεριά, είναι χρήσιμο να επισημανθεί πως με τον όρο γωνία αποδοχής οριοθετούμε τη μισή γωνία του κώνου φωτός που είναι εφικτό να πέσει πάνω σε αυτό το μέσο και να ανακλαστεί ολικά. Το αριθμητικό άνοιγμα ενός τέτοιου μέσου καθώς επίσης και οι γωνίες αποδοχής χρησιμεύουν με απώτερο σκοπό να οριοθετήσουν την ποιότητα των πομπών αλλά και των ανιχνευτών. Στην περίπτωση στην οποία το εξωτερικό περιβάλλον είναι ο αέρας, τότε το n ισούται με 1 και το άνοιγμα δεν έχει τη δυνατότητα να ξεπεράσει την τιμή της μονάδας και λαμβάνει τυπικές τιμές, οι οποίες είναι από 0,2 έως και 1 (Αλεξανδρή, 2018).



Εικόνα 1.4: Βασική αρχή λειτουργίας οπτικών ινών (Chomycz, 2014)

1.4 Δομή και χαρακτηριστικά

Τα καλώδια αυτής της μορφής μεταδίδουν παράλληλα και αμφίπλευρα ψηφιακά δεδομένα, υπό τη μορφή παλμών φωτός. Αυτός είναι και ο βασικότερος λόγος που η εν λόγω τεχνολογία είναι εξαιρετικά πιο σύνθεση σε σχέση με εκείνη των χάλκινων καλωδίων. Ως επί το πλείστον περιέχονται από αρκετές ίνες, προκειμένου να υφίσταται μετάδοση και από τις δυο πλευρές (Mitschke, 2016).

Τα μέρη τα οποία περιέχονται σε ένα τέτοιο καλώδιο (από μέσα προς τα έξω) παρουσιάζονται παρακάτω. Αρχικά είναι μια βασική κυλινδρική ίνα, η οποία αναφέρεται ως πυρήνας. Το υλικό ανάπτυξης της είναι πλαστικό είτε τις πιο πολλές φορές λιωμένο πυριτικό γυαλί, ένα υλικό με εξαιρετικά υψηλό επίπεδο διάθλασης. Επί της ουσίας πρόκειται για ένα καθοριστικό τμήμα διαμέσου του οποίου υφίσταται η μετάδοση του φωτός. Το συγκεκριμένο τμήμα έχει τη δυνατότητα να εγκλωβίσει τις ακτίνες του φωτός και σταδιακά τις οδηγεί στο τέλος του μονοπατιού που χρειάζεται να ακολουθήσουν. Όσο πιο στενό είναι αυτό το τμήμα τόσο πιο άμεσα και γρήγορα μεταφέρονται τα κύματα φωτός και μάλιστα με όσο γίνεται πιο μικρές απώλειες (Hecht, 2015).

Εξίσου καθοριστικό ρόλο, όπως ήδη έχει αναφερθεί, έχει και η επικάλυψη η οποία καλείται μανδύας. Επί της ουσίας περιβάλλει το παραπάνω κομμάτι του νήματος και τις περισσότερες φορές αναπτύσσεται από πυριτικό γυαλί, που έχει πιο μικρό δείκτη διάθλασης σε σχέση με εκείνο του πυρήνα. Το συγκεκριμένο γεγονός συμβάλλει στην παγίδευση των εισχωρούμενων ακτινών του φωτός, επιφέροντας διαρκή ανάκλαση όπως επίσης και πρόσπτωση στον πυρήνα, με γωνία που δεν ξεπερνά την

κρίσιμη γωνία, με κυριότερο σκοπό να μην αλλάξει η πορεία τους μέσα στο εν λόγω μέσο. Διαφορετικά, οι παραπάνω ακτίνες διαθλώνται στο εξωτερικό περίβλημα αυτών των καλωδίων και φεύγουν από εκεί (Al-Azzawi, 2017).

Σύμφωνα με μελέτες όλων αυτών των ετών, ο δείκτης διάθλασης επηρεάζει τη μεταβολή της πορείας όπως επίσης και την ταχύτητα του φωτός, στην περίπτωση στην οποία περνάει από το ένα υλικό στο άλλο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η κρίσιμη γωνία, είτε όπως καλείται διαφορετικά το αριθμητικό διάφραγμα, αποτελεί την πιο μεγάλη και παράλληλα την αποδεκτή γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας στον πυρήνα και οριοθετείται από τη διαφορά ανάμεσα στον δείκτη διάθλασης του πυρήνα και του μανδύα (Αλεξανδρής, 2018).

Τις περισσότερες φορές επιλέγεται ο πυρήνας και ο μανδύας να αναπτυχθούν από γυαλί με διαφοροποιημένους δείκτες διάθλασης, με απώτερο στόχο να υφίσταται ολική ανάκλαση του φωτός ανάμεσα στη συνοριακή επιφάνεια που έχουν, επομένως θα υπάρξει και η απαιτούμενη παγίδευση στον πυρήνα. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, εκτός από τα γυάλινα οπτικά μέσα αυτής της μορφής, στη σημερινή εποχή υφίστανται και πλαστικά καλώδια που είναι πολύτροπα, βηματικού δείκτη, τα οποία κατά κύριο λόγο χρησιμεύουν μονάχα για μικρές αποστάσεις και ως επί το πλείστον σε εσωτερικά περιβάλλοντα, εξαιτίας των μεγάλων απωλειών που έχουν και του χαμηλότερου εύρους διέλευσης συχνοτήτων που εμφανίζουν. Αυτά είναι εφικτό να κατηγοριοποιηθούν σε εντελώς πλαστικά, σε σκληρού πυριτικού μανδύα καθώς επίσης και σε πυριτικά πλαστικού μανδύα (Hayes, 2017).

Επίσης, καθοριστικό ρόλο έχουν και οι ενισχυτικές συνθετικές ίνες, οι οποίες περιβάλλουν τον μανδύα. Έχουν αναπτυχθεί από δυνατό υλικό, παρέχοντας προστασία με αυτόν τον τρόπο στα εν λόγω καλώδια, από πιθανά τραβήγματα τα οποία είναι δυνατόν να καταστρέψουν τον πυρήνα. Εξίσου σημαντικό ρόλο έχει και μια εξωτερική πλαστική επικάλυψη, η οποία καλείται περίβλημα, που επί της ουσίας περιβάλλει τις συνθετικές ίνες. Αναπτύσσονται από ανθεκτικό υλικό (όπως είναι για παράδειγμα το ατσάλι, το καουτσούκ κλπ) και παρέχει την απαιτούμενη προστασία από εξωτερικές φθορές, παρεμβολές, υγρασία κλπ (Chomycz, 2014).

Σε αυτό το σημείο χρειάζεται να σημειωθεί πως οι δέσμες φωτός φτάνουν και προσπίπτουν με παρόμοια γωνία στον πυρήνα, προκειμένου να υφίσταται ολική

ανάκλαση, με κυριότερο στόχο να μεταδοθεί κατά μήκος του μέσου. Ο μανδύας παγιδεύει τις ακτίνες στον πυρήνα και απορροφά την ενέργειά τους. Από την άλλη μεριά, το περίβλημα ανακλά το φως πίσω στον μανδύα, στην περίπτωση που βγει εκτός των συγκεκριμένων καλωδίων (Al-Azzawi, 2017).

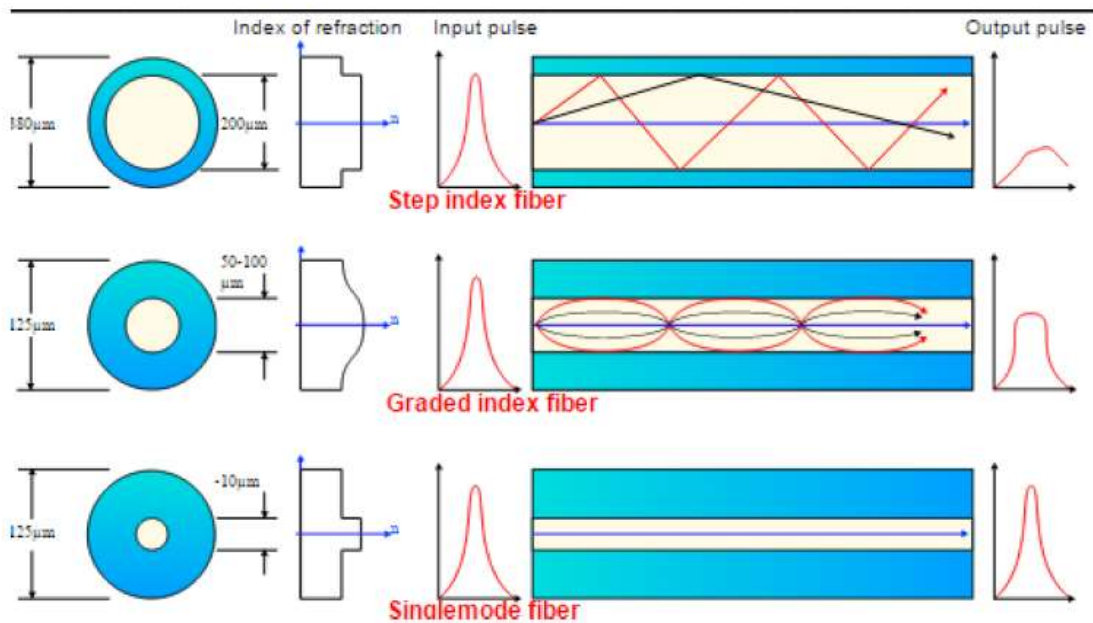
15 Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης

Στη σύγχρονη εποχή, η εκπομπή των συγκεκριμένων σημάτων μέσα σε μια τέτοια ίνα υλοποιείται από καθορισμένες πηγές όπως είναι για παράδειγμα τα LED και τα λέιζερ. Τα μήκη κύματος του φωτός, που αυτά τα νήματα είναι ανεπτυγμένα να μεταφέρουν ανέρχονται από 800nm έως και 1550nm. Τα συγκεκριμένα νήματα διαφέρουν, πρώτα από όλα, από τη μέθοδο μετάδοσης των σημάτων σε αυτά (Αλεξανδρή, 2010).

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η κυριότερη κατηγοριοποίηση αυτών των ινών είναι σε πολύτροπες και μονότροπες. Γενικότερα, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως η μέθοδος αναφοράς των μεγεθών για όλα αυτά τα μέσα μετάδοσης είναι να εστιάσουμε αρχικά στη διάμετρο του πυρήνα και μετέπειτα στη διάμετρο της επίστρωσης. Οι υπολογισμοί όλων αυτών των μεγεθών γίνονται σε 10^{-6} m (Αλεξόπουλος, 2013).

Οι οπτικές ίνες της πρώτης κατηγορίας έχουν καθορισμένα μεγέθη. Το πιο διαδεδομένο είδος που υφίσταται είναι ο 62,5/125. Η ολική διάμετρος αυτών των μέσων, περιέχοντας και τους ενισχυτές συνθετικών ινών αλλά και του εξωτερικού περιβλήματος, αγγίζει τα 900μm. Η αρχή μετάδοσης σε αυτά τα μέσα είναι πως οι διαφορετικές ακτίνες αυτών των σημάτων σύμφωνα με την εισχώρησή τους σε αυτό το μέσο ανακλώνται υπό διαφοροποιημένες γωνίες.

Η παραπάνω τακτική μετάδοσης καλείται πολύτροπη είτε πολυρυθμική, καθώς υφίστανται αρκετά και διαφορετικά μονοπάτια μετάδοσης, τα οποία αναλογούν σε διαφοροποιημένες γωνίες ανάκλασης. Τα συγκεκριμένα μέσα χωρίζονται σε δυο καθοριστικά είδη που είναι του βηματικού δείκτη διάθλασης καθώς επίσης και τις διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης (Zlatanov, 2017).



Εικόνα 1.5 : Διάταξη οπτικών ινών ανάλογα με το είδος τους (Hecht, 2015)

Σε ό,τι έχει να κάνει με την πρώτη κατηγορία εξ αυτών, είναι καθοριστικό να τονιστεί πως στις εν λόγω ίνες εντοπίζεται ξαφνική αλλαγή των δεικτών διάθλασης ανάμεσα στην βασική ίνα και του υλικού επίστρωσης. Από την άλλη μεριά, το δεύτερο είδος εξ αυτών αφορά τις ίνες εκείνες οι οποίες έχουν σαν βασικό τους γνώρισμα τη σταδιακή αλλαγή των δεικτών διάθλασης του υλικού της βασικής ίνας. Όσο περισσότερο αυξάνεται η απόσταση του κέντρου προς την εξωτερική επιφάνεια του υλικού τόσο περισσότερο εντοπίζεται σταδιακή ελάττωση (Αλεξόπουλος, 2013).

Τέλος, για τα μονότροπα μέσα αυτής της μορφής, χρειάζεται να σημειωθεί πως η διάμετρος του πυρήνα τους είναι μικρότερη και πλησιάζει σχεδόν κάποια μήκη κύματος του εκπεμπόμενου σήματος. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, υφίσταται μονάχα μια εφικτή μέθοδος μετάδοσης αυτών των σημάτων, που καλείται αξονική μέθοδος είτε αξονικός ρυθμός μετάδοσης. Ο πυρήνας σε αυτές τις περιπτώσεις έχει διάμετρο που κυμαίνεται από 5 μέχρι και 10 μm με πιο διαδεδομένη τιμή εκείνη των 8,3 μm (Rongqing, 2019).

1.6 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα

Στη σημερινή εποχή, τα συγκεκριμένα μέσα επικοινωνίας, λογίζονται ως η καταλληλότερη επιλογή στα μέσα μετάδοσης. Αυτό είναι κάτι το οποίο δικαιολογείται από τα καθοριστικά οφέλη που έχουν αυτά τα μέσα. Ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη που προσφέρουν είναι το γεγονός πως έχουν στην ευχέρειά τους τεράστιο εύρος ζώνης, με κυριότερη συνέπεια να κατορθώνουν υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης. Συνεπώς, έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν άμεσα τεράστιο όγκο ψηφιακών πληροφοριών (Καρυπίδης, 2018).

Εξίσου σημαντικό όφελος αυτής της μορφής είναι το γεγονός πως δεν έχουν περιορισμούς από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, υγρά είτε βιομηχανικά περιβάλλοντα, καθώς δεν μεταφέρουν ηλεκτρικά σήματα. Εξίσου καθοριστικά πλεονεκτήματα είναι ο ρυθμός παρουσίας λαθών που είναι σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα, το γεγονός πως έχουν χαμηλότερο βάρος και μικρότερο μέγεθος, το ότι εμφανίζουν τεράστια ασφάλεια (καθώς εξαιτίας της κατασκευής τους είναι αδύνατο να υπάρξει υποκλοπή πληροφοριών), το γεγονός πως καλύπτουν τεράστιες αποστάσεις δίχως χρήση αναμεταδότη και με ελάχιστη εξασθένιση σήματος καθώς επίσης και το γεγονός πως η μετάδοση πληροφοριών είναι ψηφιακή (κάτι το οποίο σημαίνει πως υφίσταται αμεσότερη ψηφιοποίηση και αποκωδικοποίηση πληροφοριών με όσο γίνεται πιο λίγες απώλειες) (Αλεξανδρής, 2018).

Παρά το γεγονός αυτό, όμως, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε πως υφίστανται και αρκετά ελαττώματα. Τα κυριότερα εξ αυτών παρουσιάζονται παρακάτω και είναι τα εξής :

- Η σύνδεση αλλά και η εγκατάστασή τους είναι εξαιρετικά δύσκολες δράσεις, καθώς είναι ζωτικής σημασίας να έχουν μια μικρή κλίση. Σε διαφορετική περίπτωση υφίσταται διασπορά είτε μεγάλη εξασθένιση του σήματος
- Είναι εξαιρετικά εύθραυστες εξαιτίας του γυάλινου πυρήνα και ιδιαίτερα εύκαμπτες, με βασικότερη συνέπεια να εντοπίζονται αρκετές απώλειες πληροφοριών σε περίπτωση που λυγίσουν

- Είναι εξαιρετικά ακριβές και κυρίως σε μικρότερες αποστάσεις, παρά το γεγονός πως το γυαλί σαν υλικό είναι πιο οικονομικό σε σχέση με τον χαλκό
- Είναι πιο δυσμενής η διασύνδεση αρκετών και διαφορετικών χρηστών πάνω σε ένα τέτοιο καλώδιο, ικανοποιώντας κατά κύριο λόγο point-to-point συνδέσεις. Με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας, εντοπίζονται ενέργειες με απώτερο σκοπό την υποστήριξη point-to-multiple-point συνδέσεων αλλά εξαιτίας υψηλότερου κόστους δεν εξελίσσονται γρήγορα
- Η τεχνολογική κατάσταση και η υποδομή που έχουν είναι ακόμα σε εξέλιξη (Al-Azzawi, 2017)

1.7 Εφαρμογές και προοπτικές

Μια από τις βασικότερες εφαρμογές αυτών των μέσων είναι η επικοινωνία. Τα συγκεκριμένα νήματα είναι εφικτό να χρησιμεύσουν σαν ένα χρήσιμο εργαλείο για τηλεπικοινωνίες και δικτυώσεις, καθώς πρόκειται για μια εξαιρετικά ευέλικτη τεχνολογία που είναι δυνατόν να ομαδοποιηθεί. Παράλληλα, είναι εξαιρετικά επωφελής για επικοινωνίες τεράστιων αποστάσεων, μιας και το φως μεταδίδεται μέσα από αυτά τα νήματα με ελάχιστη εξασθένηση κάτι το οποίο δεν υφίσταται στην περίπτωση των ηλεκτρικών καλωδίων (Chomycz, 2014).

Το παραπάνω γεγονός επιτρέπει την χρήση τους σε τεράστιες αποστάσεις με λιγότερους επαναλήπτες αναμετάδοσης. Ταυτόχρονα, τα φωτεινά σήματα αναλύσεων σε αυτό το μέσο είναι εφικτό να διαμορφώνεται σε ποσοστά τόσο υψηλά όσο 40GBs. Η εκάστοτε ίνα είναι δυνατόν να μεταφέρει αρκετά μη εξαρτώμενα κανάλια. Το κάθε ένα εξ αυτών θα έχει διαφοροποιημένη πολύπλεξη με επιμερισμό μήκους κύματος του φωτός. Σε μικρότερες αποστάσεις, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην περίπτωση της δικτύωσης μέσα σε ένα κτίριο, το εν λόγω μέσο έχει την ευχέρεια να εξοικονομήσει χώρο, καθώς μια ενιαία ίνα είναι δυνατόν να μεταφέρει πιο πολλές ψηφιακές πληροφορίες σε σχέση με ένα ηλεκτρικό καλώδιο (Rongqing, 2019).

Γενικότερα, η συγκεκριμένη τεχνολογία θα μπορούσε να φανεί εξαιρετικά χρήσιμη στις τηλεπικοινωνίες, για επίγειες και υποθαλάσσιες συνδέσεις τεράστιων

αποστάσεων, με στόχο τη σύνδεση ηπείρων, για συνδέσεις σε βιομηχανικές τοποθεσίες, με στόχο μεταδόσεις με υψηλότερες ανάγκες ασφαλείας είτε ακόμα και με στόχο την επικοινωνία είτε ακόμα και τη μεταφορά πληροφοριών στα δίκτυα υπολογιστών με υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης, μικρότερες εξασθενίσεις είτε ακόμα και με ελάττωση ενισχυτών σήματος (Hayes, 2017).

Εξίσου καθοριστική εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας είναι η χρήση αισθητήρων. Τα νήματα που μελετάμε σε αυτή την εργασία είναι εφικτό να χρησιμεύσουν σαν αισθητήρες με κυριότερο σκοπό τον υπολογισμό της τάσεως παραμόρφωσης, της θερμοκρασίας, της πίεσης όπως επίσης και διάφορων άλλων παραγόντων. Το μικρότερο μέγεθος σε συνδυασμό με το γεγονός πως η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι απαραίτητη προσφέρει σε αυτή την τεχνολογία το πλεονέκτημα συγκριτικά με τους κλασσικούς ηλεκτρικούς αισθητήρες (Καρυπίδης, 2018).

Παράλληλα, η εν λόγω τεχνολογία είναι εφικτό να χρησιμεύσει σαν υδρόφωνα για σεισμικές είτε SONAR εφαρμογές. Τα προηγούμενα χρόνια είχαν δημιουργηθεί υδρόφωνα μηχανισμοί με πιο πολλούς από 100 αισθητήρες για κάθε καλώδιο αυτού του είδους. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες τις περισσότερες φορές χρησιμεύουν στην βιομηχανία πετρελαίου είτε στο πολεμικό ναυτικών κάποιων κρατών. Σημαντικοί θεωρούνται πως είναι και οι αισθητήρες θερμοκρασίας, πίεσης κλπ που έχουν δημιουργηθεί με απώτερο στόχο τις γεωτρήσεις (Αλεξανδρή, 2018).

Μια εξίσου σημαντική χρησιμότητα αυτών των μέσων σαν αισθητήρες είναι εκείνη του οπτικού γυροσκοπίου που χρησιμεύει στο Boeing 767 καθώς επίσης και σε διάφορα οχήματα με στόχο την πλοήγησή τους και η χρησιμοποίηση σε μικροαισθητήρες υδρογόνου. Οι αισθητήρες αυτής της μορφής έχουν δημιουργηθεί με στόχο τον υπολογισμό παράλληλα τοποθεσιών θερμοκρασίας και πίεσης με τεράστια ακρίβεια. Το παραπάνω γεγονός είναι ζωτικής σημασίας για τη λήψη χρήσιμων δεδομένων από μικρότερες σύνθετες δομές (Rongqing, 2019).

Η συγκεκριμένη τεχνολογία πολλές φορές χρησιμεύει και σαν οπτικό σύστημα απεικόνισης. Μια συνεκτική δέσμη ινών που χρησιμεύουν συνδυαστικά με φακούς καλείται ενδοσκόπιο, που χρησιμεύει με στόχο να δούμε αντικείμενα διαμέσου μιας μικρής τρύπας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα ιατρικά ενδοσκόπια που θα μελετήσουμε σε επόμενο κεφάλαιο αυτής της εργασίας ενώ υφίστανται και τα

βιομηχανικά ενδοσκόπια που χρησιμεύουν για μελέτη σημείων που είναι εξαιρετικά δυσμενές να φτάσουμε (όπως για παράδειγμα εσωτερικό μηχανών σε τζετ κλπ) (Mitschke, 2016).

Επίσης, μια τέτοια τεχνολογία η οποία έχει κάποια σπάνια γνωρίσματα, όπως είναι για παράδειγμα το Erbium είναι εφικτό να χρησιμεύσει σαν εργαλείο ενίσχυσης ενός λέιζερ είτε οπτικού ενισχυτή. Ταυτόχρονα, είναι δυνατόν να χρησιμεύσει με βασικότερο σκοπό την προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας (σχεδόν 1 Watt) σε διάφορα ηλεκτρικά συστήματα τα οποία είναι σε ηλεκτρικά δυσμενή περιβάλλοντα (όπως συμβαίνει για παράδειγμα σε διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία κεραιών υψηλότερης ενέργειας είτε σε συστήματα υπολογισμού σε περιβάλλοντα υψηλότερης τάσης (Chomycz, 2014).

Γενικότερα, υφίστανται διάφορες χρήσης φωτισμού και πληροφόρησης με στόχο τη μεταφορά αυτών των σημάτων σε μη προσπελάσιμα σημεία κτιρίων, με στόχο τον φωτισμό στον καθορισμό των διαδρομών, με στόχο την ανάπτυξη διακοσμητικών κατασκευών είτε διαφημιστικών πινακίδων, με στόχο τον εικαστικό φωτισμό σε μουσεία κλπ, με στόχο τον φωτισμό πινάκων οργάνων (όπως για παράδειγμα γίνεται στο πιλοτήριο αεροσκαφών κλπ) είτε με στόχο την ανάπτυξη φωτεινών χαρακτήρων είτε σχημάτων σε διάφορες πινακίδες οδικής σηματοδότησης κλπ (Zlatanov, 2017).

Τέλος, σε ό,τι έχει να κάνει με τις προοπτικές αυτής της τεχνολογίας, είναι σημαντικό να τονιστεί πως οι επιχειρήσεις και οι οργανισμοί οι οποίοι λειτουργούν σε αυτόν τον τομέα έχουν εστιάσει περισσότερο στην τεχνολογία SDN όπως επίσης και σε εκείνη των φωτονίων, που έρευνες αναφέρουν πως θα οδηγήσουν τις τεχνολογίες αυτές σε μια καινούρια εποχή (Hayes, 2017).

Για παράδειγμα, βάσει μελετών η πρώτη εξ αυτών των τεχνολογιών θα συμβάλλει στην καταπολέμηση θεμάτων που έχουν άρρηκτη σχέση με την χωρητικότητα του εύρους ζώνης. Κυριότερος σκοπός της εν λόγω τεχνολογίας είναι η ανάπτυξη και η αποδοτική δράση τεράστιων δικτύων, μεταφέροντας τις αρμοδιότητές τους από τα σύνθετα κυκλώματα ASICs και APIs, σε πρότυπα διεπαφών, εμπορικά τσιπάκια κλπ (Rongqing, 2019).

Στη σύγχρονη εποχή, επομένως, υλοποιείται μια συλλογική μετάβαση, όπου αντικαθίστανται τα ζεύγη χαλκού με την τεχνολογία που μελετάμε σε αυτή την εργασία με την απόδοση φάσματος να έχει παρουσιάσει αισθητή ανοδική τάση (σχεδόν δεκαπλάσια). Η ανοδική τάση χρήσης πληροφοριών, η δια-υπολογιστική επικοινωνία καθώς επίσης και η ταχύτητα των επεξεργασιών, έχουν επιβραδύνει λίγο την αποδοτικότητα όλων αυτών των αλλαγών (Καρυπίδης, 2018).

Η ανοδική τάση της επεξεργασίας σήματος από μόνη της, όμως, θα μπορούσε να αναπτύξει σοβαρά προβλήματα στη γραμμικότητα αυτής της τεχνολογίας, κάτι το οποίο εν τέλει θα μείωνε ακόμα περισσότερο την απόδοση του σήματος. Για αυτόν τον λόγο, το SDN αποτελεί το μέλλον στην υψηλότερη χωρητικότητα, απλά είναι αρκετά πιο ακριβό και δυσκολότερο στη χρήση του σε ευρεία κλίμακα (Mitschke, 2016).

ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΕΙΑΣ

2.1 Υγεία και τεχνολογία

Στη σύγχρονη εποχή, ο ρυθμός μεταβολών είναι πιο μεγάλος από ποτέ λόγω της ψηφιοποίησης όλων των τομέων. Η ραγδαία εξέλιξη των καινούριων τεχνολογιών έχει αναπτύξει καθοριστικές ευκαιρίες και προοπτικές όπως επίσης και καινούριους κινδύνους και προκλήσεις που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης. Η ψηφιοποίηση των υπηρεσιών που μελετάμε σε αυτήν την εργασία αναμένεται να αποτελέσει μια από τις πιο καθοριστικές παραμέτρους τα επόμενα έτη (Βασαλάκη, 2017).

Οι καινούριες τεχνολογίες έχουν την ισχύ να μεταβάλλουν άρδην αυτόν τον τομέα. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε πως οι προκλήσεις οι οποίες υφίστανται είναι ζωτικής σημασίας. Στο συγκεκριμένο περιβάλλον έρχονται να προστεθούν διεθνείς τάσεις όπως είναι για παράδειγμα η γήρανση του πληθυσμού σε παγκόσμιο επίπεδο όπως επίσης και οι ευρύτεροι περιορισμοί στα κυβερνητικά έξοδα, παράμετροι οι οποίοι κάνουν τον αποδοτικό μετασχηματισμό του εν λόγω τομέα ζωτικής σημασίας, με τις Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), να συμβάλλουν σε όλες αυτές τις μεταβολές (Wass, 2017).

Στη σημερινή εποχή, η έννοια ΤΠΕ είναι εξαιρετικά διαδεδομένη και αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς. Στην αρχή αναφερόταν σαν τεχνολογία όπως είναι οι τηλεπικοινωνίες, τα δίκτυα είτε ακόμα και οι Η/Υ, αλλά επί της ουσίας είναι μια έννοια η οποία περιέχει κάθε σύστημα είτε εργαλείο το οποίο είναι εφικτό να κάνει καθορισμένες δράσεις, όπως είναι για παράδειγμα η αποθήκευση, η ανάκτηση, η διαχείριση, η μετάδοση είτε η λήψη ψηφιακών δεδομένων κλπ (Rodrigues *et al.*, 2016).

Όλες οι παραπάνω τεχνολογίες περιέχουν ένα μεγάλο φάσμα διαφοροποιημένων υλικών, συστημάτων καθώς επίσης και λογισμικών. Σε όλα αυτά

περιέχεται και η χρησιμότητα των κοινωνικών μέσων, που πλέον παίζουν καθοριστικό ρόλο κυρίως σε ό,τι έχει να κάνει με την ανταλλαγή δεδομένων είτε ακόμα και την παροχή συμβουλών και οδηγιών με απώτερο σκοπό την παροχή της απαιτούμενης φροντίδας, τη χρήση εικονικής πραγματικότητας με στόχο την βελτίωση της ιατρικής κατάρτισης αλλά και ένα σύνολο διαφοροποιημένων εφαρμογών για κινητά συστήματα που σχετίζονται άμεσα με διαφορετικά ζητήματα ιατρική φύσεως (Gaddi and Manca, 2014).

Πίνακας 2.1 : Άξονες και στόχοι ψηφιακής υγείας¹

Άξονας	Στόχος
1. Η ψηφιακή εμπειρία του πολίτη στην Υγεία – νέες ψηφιακές υπηρεσίες - self managed care	Παροχή ποιοτικών υπηρεσιών υγείας στους πολίτες
2. Διακυβέρνηση της Ψηφιακής Υγείας	Δημιουργία ενός θεσμοθετημένου πλαισίου λειτουργίας των ψηφιακών υπηρεσιών υγείας
3. Εθνικό Πλαίσιο Διαλειτουργικότητας στην Υγεία και Πιστοποίηση Ιατρικών Εφαρμογών	Διακυβέρνηση των εθνικών προδιαγραφών ηλεκτρονικής υγείας για την ανταλλαγή των εθνικών συνόλων υγείας
4. Αναβάθμιση υποδομών ηλεκτρονικής υγείας στα σημεία παροχής υπηρεσιών υγείας	Αναβάθμιση της ψηφιακής ωριμότητας των μονάδων υγείας με σκοπό τη παροχή ποιοτικών υπηρεσιών υγείας
5. Κυβερνοασφάλεια και ιδιωτικότητα δεδομένων	Διασφάλιση της ιδιωτικότητας και της προστασίας των δεδομένων υγείας από κακοβουλή και άσκοπη χρήση
6. Οικοσύστημα ψηφιακής υγείας και δίκτυο συνεργαζόμενων φορέων	Διαδικτύωση όλων των κοινωνικών εταίρων στην ηλεκτρονική υγεία με σκοπό τη συνεχή διαβούλευση
7. Καινοτομία και επιχειρηματικότητα στην ηλεκτρονική υγεία	Εισαγωγή νέων καινοτόμων τεχνολογιών στο εθνικό σύστημα υγείας

Παράλληλα, σε αυτά περιέχεται και η καταγραφή είτε η ανάλυση τεράστιου συνόλου ψηφιακών πληροφοριών που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διερεύνηση παθήσεων είτε στη διασπορά τους, στη συγκρότηση των τακτικών αντιμετώπισης είτε εν τέλει στον έλεγχο και στην παρακολούθηση της δημόσιας υγείας. Ο κυριότερος σκοπός όλων αυτών είναι η χρήση των ΤΠΕ με απώτερο στόχο την παροχή των καλύτερων δυνατών υπηρεσιών σε αυτόν τον τομέα, που χρειάζεται να είναι ασφαλείς, να βοηθούν στην ανοδική τάση της ποιότητας, ενώ παράλληλα να

¹Παρουσιάσεις του Γενικού Γραμματέα Υπηρεσιών Υγείας του Υπουργείου Υγείας

ελαττώνουν τα έξοδα και να ειδικεύονται στις ιδιαίτερες απαιτήσεις των αποδεκτών. Παράλληλα, η πρόσβαση στην τεχνολογία είναι ζωτικής σημασίας να μην περιορίζεται από κάθε μορφής πολιτιστικά, χρηματοοικονομικά, γεωγραφικά είτε άλλα προβλήματα (Wass, 2017).

2.2 Είδη ψηφιακής υγείας

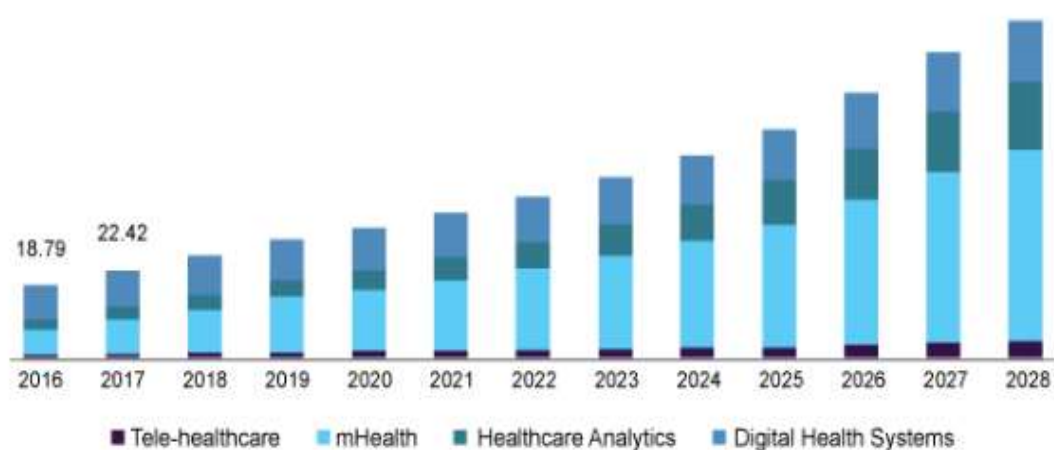
Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) με τον όρο ηλεκτρονική υγεία καλούμε την αποτελεσματική αλλά και ασφαλή χρήση των ΤΠΕ με απώτερο σκοπό την βέλτιστη εφικτή υποστήριξη της υγείας όπως επίσης και των πεδίων που έχουν άρρηκτη σχέση με αυτόν τον τομέα, περιέχοντας παράλληλα την υγειονομική φροντίδα, τον έλεγχο και την αγωγή υγείας. Από την άλλη μεριά, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) οριοθετεί αυτόν τον όρο σαν τη χρησιμότητα των ΤΠΕ με στόχο την κάλυψη των απαιτήσεων των ανθρώπων, των πασχόντων, των επαγγελματιών αυτού του τομέα όπως επίσης και των αρμόδιων χάραξης πολιτικής (Ferreira, 2016).

Η παραπάνω έννοια όπως επίσης και εκείνη της ψηφιακής υγείας χρησιμεύουν πολλές φορές ως ταυτόσημες, παρόλο που χρειάζεται να τονιστεί πως υφίστανται ορισμένες διαφοροποιήσεις που χωρίζουν αυτούς τους όρους. Για παράδειγμα η παραπάνω έννοια αφορά την πρακτική της χρήσης αυτών των τεχνολογιών στην υγειονομική φροντίδα ενώ την ίδια ώρα περιέχει ολοκληρωμένες επιλογές ΤΠΕ με στόχο τη βελτιστοποίηση της κλινικής αλλά και διοικητικής δράσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της έννοιας αποτελεί ο ηλεκτρονικός φάκελος υγείας, τα ιατρικά συστήματα κλπ (Rodriguesetal., 2016).

Από την άλλη μεριά η ψηφιακή υγεία αποτελεί μια έννοια για ένα μεγαλύτερο φάσμα διαφοροποιημένων τεχνολογιών που θα ήταν εφικτό να ανταποκριθούν στις προκλήσεις αυτού του τομέα. Ως επί το πλείστον σχετίζεται με θέματα του πως να εμπλακούν οι πάσχοντες καλύτερα σε αυτές τις τεχνολογίες καθώς επίσης και το πως έχουν τη δυνατότητα οι εν λόγω επαγγελματίες να χρησιμοποιήσουν τις παραπάνω τεχνολογίες με στόχο την βελτίωση της παροχής περίθαλψης. Χαρακτηριστικά

παραδείγματα παρόμοιων τεχνολογιών είναι οι εφαρμογές έξυπνων τηλεφώνων, το έξυπνο νοσοκομείο κλπ (Ferreira, 2016).

Παρόλα αυτά, οι περισσότερες έρευνες αναφέρουν πως η ψηφιακή υγεία αποτελεί μια έννοια η οποία περιέχει όλες τις εφαρμογές, τις τεχνολογίες καθώς επίσης και τα συστήματα τα οποία έχουν άμεση σχέση με την υγειονομική φροντίδα, που προκύπτουν από τη σύμπραξη της ιατρικής, της γενετικής όπως επίσης και των τεχνολογιών. Η συγκεκριμένη έννοια τις περισσότερες φορές κάνει χρήση των διασυνδεδεμένων τεχνολογιών με απώτερο σκοπό να συμπεριλάβει ολόκληρο το φάσμα των παροχών υγειονομικής φροντίδας, των καταναλωτών κλπ με στόχο να διασφαλίσει την παροχή ολοκληρωμένης και αποδοτικής φροντίδας των πασχόντων και των συγγενών τους (Gaddi and Manca, 2014).



Εικόνα 2.1 : Η Αμερικάνικη αγορά ψηφιακής υγείας ανά τεχνολογία²

Σύμφωνα με αρκετές μελέτες των τελευταίων ετών τα κυριότερα αποτελέσματα όλων αυτών είναι η αισθητή βελτίωση της ποιότητας φροντίδας, η ευκολότερη πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας καθώς επίσης και η σημαντική ελάττωση των εξόδων για αυτές τις υπηρεσίες. Επομένως, υφίσταται βελτιωμένη διαχείριση

² [<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/digital-health-market>]

οξείας καθώς επίσης και χρόνιας πάθησης από τους παρόχους υγείας για τους πάσχοντες, που έχουν όλο και πιο ενεργό ρόλο σε αυτόν τον τομέα, στην πρόληψη παθήσεων όπως επίσης και στις σημερινές επιλογές θεραπειών. Συνοψίζοντας όσα προαναφέρθηκαν, θα μπορούσαμε να πούμε πως τα βασικότερα είδη αυτής της υγείας είναι το eHealth, το mHealth, η τηλεϊατρική, οι αισθητήρες αλλά και οι φορητές συσκευές, το ηλεκτρονικό αρχείο υγείας, η προσωπική γονιδιωματική, τα μεγάλα δεδομένα, η υγεία IT κλπ (Βασαλάκη, 2017).

2.3 Συνέπαιες και οφέλη

Οι σύγχρονες αντιλήψεις για την υγεία αφορούν την ολική ευημερία. Η σύγχρονη εποχή της ηλεκτρονικής υγείας θέλει τους πάσχοντες να έχουν άμεση συνεργασία και ενεργό ρόλο στην αντιμετώπιση της ασθένειάς τους. Στο δυτικό σύστημα υγειονομικής φροντίδας επικρατεί η αντίληψη πως ο ρόλος τους τις περισσότερες φορές μετατοπίζεται προς έναν πιθανόν πιο ενεργό συμμετέχοντα (Blusi, 2014).

Οι άνθρωποι υλοποιούν αρκετές δράσεις σε ό,τι έχει να κάνει με την υγεία διαμέσου της ηλεκτρονικής υγείας όπως είναι για παράδειγμα η παραγγελία φαρμακευτικών αγωγών, οι δράσεις αυτοβοήθειας, η επικοινωνία με τους συγγενείς, με τους ιατρούς είτε τους άλλους επαγγελματίες υγείας, η συλλογή χρήσιμων στοιχείων πριν είτε ακόμα και μετά την επίσκεψη των ιατρών κλπ (Noar and Harrington, 2012).

Οι καινούριες γενιές, οι γυναίκες, οι πάσχοντες που αντιμετωπίζουν μακροχρόνια προβλήματα υγείας κλπ αποτελούν τους πιο συχνούς καταναλωτές υγείας στο διαδίκτυο. Παράλληλα, ο δημοκρατικός χαρακτήρας του εν λόγω μέσου είναι εφικτό να ενθαρρύνει σε μεγάλο βαθμό τους ανθρώπους να έχουν μεγαλύτερο και πιο ενεργό ρόλο στην σύγχρονη κοινωνία αλλά και στην φροντίδα τους, αλληλοεπιδρώντας με τους υπόλοιπους πάσχοντες όπως επίσης και με τους ιατρούς είτε τους νοσηλευτές (Bhatia *et al.*, 2021).

Παράλληλα, οι υπηρεσίες της συγκεκριμένης μορφής υγείας είτε οι υπηρεσίες οι οποίες εστιάζουν στις ΤΠΕ είναι δυνατόν να αποτελέσουν ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο αναδιανομής της παροχής ενέργειας και εποπτείας της πρόσβασης των

ανθρώπων σε σημαντικά δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά είναι πιθανό να οδηγήσουν στην ενδυνάμωση που σταδιακά θα επιφέρει καθοριστικές μεταβολές στη σχέση γιατρών και πασχόντων (Hale *et al.*, 2018).

Υφίστανται αρκετοί πάροχοι οι οποίοι προσφέρουν χρήσιμα δεδομένα και υπηρεσίες στους αρρώστους και το κοινό στο διαδίκτυο, όπως είναι για παράδειγμα οι ενδιαφερόμενοι για την υγεία γενικότερα, οι μη συμβατικοί γιατροί, οι οργανώσεις αρρώσκειν, το ανθρώπινο δυναμικό υγείας, οι κλάδοι υγειονομικής φροντίδας κλπ. εξαιτίας των θεμιτών προβληματισμών, όπως είναι για παράδειγμα η ασφάλεια είτε η αποδοτικότητα, οι κλινικές χρήσεις της ηλεκτρονικής διαμεσολάβησης δεν παρουσιάζουν ανοδική τάση έως το αναμενόμενο επίπεδο (Rahamathulia and Sha, 2017).

Οι πάσχοντες καθώς επίσης και οι πάροχοι φροντίδας θεωρούν πως τα μηνύματα είναι δυνατόν να παρεμποδιστούν από μη εξουσιοδοτημένους χρήστες και αυτό θα συμβάλλει στην παραβίαση της εμπιστοσύνης αλλά και της νομιμότητας που είναι ζωτικής σημασίας για την σχέση των ιατρών με τους αρρώστους. Παράλληλα, υφίσταται ειδικό νομοθετικό πλαίσιο για την υγεία και τους ιστότοπους που σχετίζονται με αυτήν.

Το εκάστοτε κράτος έχει ένα γενικό νομοθετικό πλαίσιο που αφορά την εν λόγω φροντίδα. Παρόλα αυτά, έρευνες αναφέρουν πως η διεθνής αντιπροσωπευτική οργάνωση για τους ιατρούς, εμφάνισε ορισμένες δεοντολογικές κατευθυντήριες γραμμές για τις τακτικές ηλεκτρονικής υγείας. Σε όλα αυτά καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει η ηλεκτρονική μεσολάβηση της επικοινωνίας που είναι ζωτικής σημασίας στην υγειονομική φροντίδα (Blusi, 2014).

Μελέτες τα τελευταία χρόνια αναφέρουν πως η εν λόγω επικοινωνία διαμέσου του παρόχου φροντίδας είναι πιθανό να υποσχεθεί την αισθητή βελτίωση της αποτελεσματικότητας της κλινικής φροντίδας αλλά και την ασφαλή ηλεκτρονική ανταλλαγή μηνυμάτων που αποτελεί μια αποδοτική τακτική με απώτερο στόχο την παροχή της βέλτιστης εφικτής φροντίδας προς όλους τους αρρώστους (Noar and Harrington, 2012).

Ακόμα, θα πρέπει να τονιστεί πως η ηλεκτρονική μεσολάβηση χρησιμεύει ολοένα και περισσότερο σαν ένα χρήσιμο εργαλείο επικοινωνίας ανάμεσα στους επαγγελματίες υγείας και τους πάσχοντες. Οι σύγχρονες έρευνες έχουν διαφορετικά συναισθήματα και επιχειρήματα υπέρ και κατά αυτής της επικοινωνίας στον συγκεκριμένο κλάδο. Ορισμένες έρευνες αναφέρουν πως η επικοινωνία αυτής της μορφής επιφέρει καθοριστικές επιρροές και επιδράσεις στο πλαίσιο της αλληλεπίδρασης των πασχόντων με τους ιατρούς και στην εν λόγω περίπτωση το δεδομένο της εμπιστοσύνης στην παραπάνω σχέση επηρεάζεται σε τεράστιο επίπεδο (Βασαλάκη, 2017).

Η τεχνολογία της επικοινωνίας στη σύγχρονη εποχή προσφέρει βελτιωμένη πρόσβαση ενώ ταυτόχρονα προωθεί μια πιο προσωπική γλώσσα η οποία προσφέρει το μέσο με στόχο την επαφή με τους ιατρούς. Η τεχνολογία προσφέρει την ευχέρεια σε όλους τους πάσχοντες να εκφράσουν τις αντιρρήσεις τους για την σύγχρονη κοινωνία της υγείας (Wass, 2017).

Παράλληλα, η διαμεσολάβηση αυτού του είδους παρέχει συνεχώς τη διαθεσιμότητα για επικοινωνία, την προοπτική της ανωνυμίας, τον ελαττωμένο κίνδυνο στιγματισμού και των μη θετικών κοινωνικών αντιδράσεων, την προσαρμογή στις ατομικές απαιτήσεις, το χαμηλότερο επίπεδο άγχους κλπ. Επί της ουσίας η συγκεκριμένη διαμεσολάβηση της επικοινωνίας αναπτύσσει καινούριες συνθήκες εμπιστοσύνης ανάμεσα στους επαγγελματίες υγείας και στους ασθενείς (Ferreira, 2016).

Σύμφωνα με διάφορες έρευνες που έχουν υλοποιηθεί σε διεθνές επίπεδο, όπου έχει γίνει χρήση των ΤΠΕ με στόχο την επικοινωνία των ιατρών, εντοπίστηκε πως υπήρξε ανοδική τάση του επιπέδου της εμπιστοσύνης στην σχέση τους με τους πάσχοντες. Οι συγκεκριμένες έρευνες υλοποιήθηκαν σαν ένα κομμάτι ενός τεράστιου σχεδίου σε ό,τι είχε να κάνει με την τηλεϊατρική. Όλες αυτές οι έρευνες έχουν δείξει πως η επικοινωνία αυτής της μορφής έχει θετικές συνέπειες για τις σχέσεις αμοιβαίας στήριξης (Noar and Harrington, 2012).

Σε μια άλλη έρευνα για την ψυχική υγεία, όπου συμμετείχαν 500 άνθρωποι, σχεδόν τα 3/4 εξ αυτών τόνισαν πως ήταν πιο εύκολο να μιλήσουν για προσωπικά ζητήματα υγείας στο διαδίκτυο σε σχέση με την προσωπική επαφή. Έτσι, η επικοινωνία

αυτού του είδους είναι δυνατόν να έχει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία σχετίζονται με τους ανθρώπους οι οποίοι νοσούν από ψυχικά ζητήματα (Bhatia *et al.*, 2021).

24 Ψηφιακές τάσεις και εξελίξεις στην υγεία

Οι εξελίξεις στον τομέα που μελετάμε στην συγκεκριμένη ενότητα οριοθετούνται σε σημαντικό επίπεδο από τις συνεχείς αλλαγές των απαιτήσεων, των συμπεριφορών καθώς επίσης και των συνηθειών των πασχόντων, που εμπλέκονται όλο και πιο ενεργά στην διαχείριση της υγείας τους. Στη συνέχεια θα αναφερθούν ορισμένες τεχνολογίες οι οποίες έχουν την ευχέρεια να οδηγήσουν σε μια επανάσταση σε αυτό το περιβάλλον και θα επιφέρουν καθοριστικές μεταβολές στη μέθοδο με την οποία λαμβάνουμε υπηρεσίες πρόληψης, φροντίδας κλπ (Rahamathuliah and Sha, 2017).

Έρευνες αναφέρουν πως το επίπεδο εφαρμογής των εν λόγω τεχνολογιών είναι πιθανόν να διαφοροποιείται αισθητά, εξαιτίας της πολυπλοκότητάς τους καθώς επίσης και του επιπέδου δυσκολίας υλοποίησης ορισμένων εξ αυτών. Μια καθοριστική παράμετρος φαίνεται να είναι η συνθετική βιολογία, που έχει σαν κυριότερο σκοπό τον σχεδιασμό όπως επίσης και την ανάπτυξη καινούριων βιολογικών ιστών είτε μηχανισμών που δεν υφίστανται στον φυσικό κόσμο (Hale *et al.*, 2018).

Εξίσου σημαντικός σκοπός, όμως, είναι ο σχεδιασμός από την αρχή των υπαρχόντων συστημάτων αυτής της μορφής. Συστήματα γονιδίων είτε ακόμα και μοριακών συστατικών που αναπτύσσονται διαμέσου αυτής της βιολογίας κάνουν τις σύγχρονες ιατρικές θεραπείες πιο αποδοτικές και υπόσχονται θεραπείες για ένα μεγάλο σύνολο διαφοροποιημένων ζητημάτων υγείας.

Καθοριστικό ρόλο σε όλα αυτά είναι δυνατόν να παίζει και η ρομποτική. Στη σημερινή εποχή, τα ρομπότ των εφαρμογών σε αυτόν τον κλάδο είναι δυνατόν να προσφέρουν την απαιτούμενη υποστήριξη σε χειρουργικές επεμβάσεις, στην παροχή νοσηλευτικής φροντίδας είτε ακόμα και να ελαττώσουν τον απαιτούμενο χρόνο τον οποίο ξοδεύει το ανθρώπινο δυναμικό σε εργασίες ρουτίνας. Έρευνες τα τελευταία χρόνια αναφέρουν πως οι «καινούριοι επαγγελματίες» αυτού του κλάδου θα κληθούν

να αναλάβουν άμεσα τους ρόλους τους σε κλινικές, φαρμακεία κλπ (Noar and Harrington, 2012).



Εικόνα 2.2 : Ρομποτική στον τομέα της υγείας (Blusi, 2014)

Εξίσου σημαντικό ρόλο διαδραματίζει και η ψηφιακή ιατρική. Η έννοια αυτή αφορά έναν κλάδο ο οποίος κατά κύριο λόγο ασχολείται με την χρήση τεχνολογιών σαν μέσα υπολογισμού και παρέμβασης στην υπηρεσία της υγείας των ανθρώπων. Τα αγαθά αυτής της μορφής παρέχονται από υψηλότερης ποιότητας εξοπλισμό και λογισμικό ενώ ταυτόχρονα έχουν την ευχέρεια να υποστηρίξουν την μελέτη και την πρακτική σε αυτόν τον κλάδο, βρίσκοντας εφαρμογή στην πρόληψη είτε ακόμα και στην θεραπεία νοσημάτων, στην αποκατάσταση καθώς επίσης και στην προαγωγή της υγείας των ανθρώπων (Noar and Harrington, 2012).

Καθοριστική, όμως, λογίζεται πως είναι και η τεχνολογία Blockchain. Επί της ουσίας πρόκειται για μια τεχνολογία, η οποία εξασφαλίζει την διαφάνεια καθώς επίσης και τον ασφαλή έλεγχο δεδομένων, αναπτύσσοντας μια αξιόπιστη χρονολογική βάση δεδομένων, δίχως την απαίτηση για κεντρική αποθήκευση. Τα δεδομένα αυτής της

μορφής δεν εμφανίζουν διαφορές μεταξύ των βάσεων δεδομένων, καθώς υφίσταται μονάχα μια εγγραφή (Bhatia *et al.*, 2021).

Το παραπάνω γεγονός είναι κάτι το οποίο ελαττώνει αισθητά τα ζητήματα τα οποία αναπτύσσονται από διπλότυπα είτε αλλοιώσεις και κάνει τα δεδομένα ευκολότερα προσβάσιμα από τα συστήματα καταγραφής των διαφορετικών οργανισμών. Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει την ευχέρεια να μεταβάλλει άρδην δράσεις οι οποίες έχουν άμεση σχέση με την δια-λειτουργικότητα δεδομένων μεταξύ διαφορετικών παρόχων (όπως είναι για παράδειγμα ιατρικά ιστορικά, δεδομένα συνταγογράφησης κλπ) όπως επίσης και έλεγχο δεδομένων (όπως είναι για παράδειγμα συμβάσεις εφοδιαστικής αλυσίδας κλπ (Rahamathulia and Sha, 2017).

Ζωτικής σημασίας φαίνεται πως είναι και η γονιδιωματική ιατρική. Η ιατρική αυτής της μορφής είναι μια αναδυόμενη ιατρική τακτική, η οποία ως επί το πλείστον διερευνά την ολοκληρωμένη ακολουθία γενετικού υλικού ενός ανθρώπου. Η γνώση της γενετικής δομής ενός ανθρώπου είναι εφικτό να παίζει καθοριστικό ρόλο στην καλύτερη κατανόηση της προδιάθεσης για ορισμένες γενετικές παθήσεις ενώ ταυτόχρονα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην βελτίωση της κλινικής φροντίδας διαμέσου διαγνωστικής είτε ακόμα και θεραπευτικής λήψης αποφάσεων (Blusi, 2014).

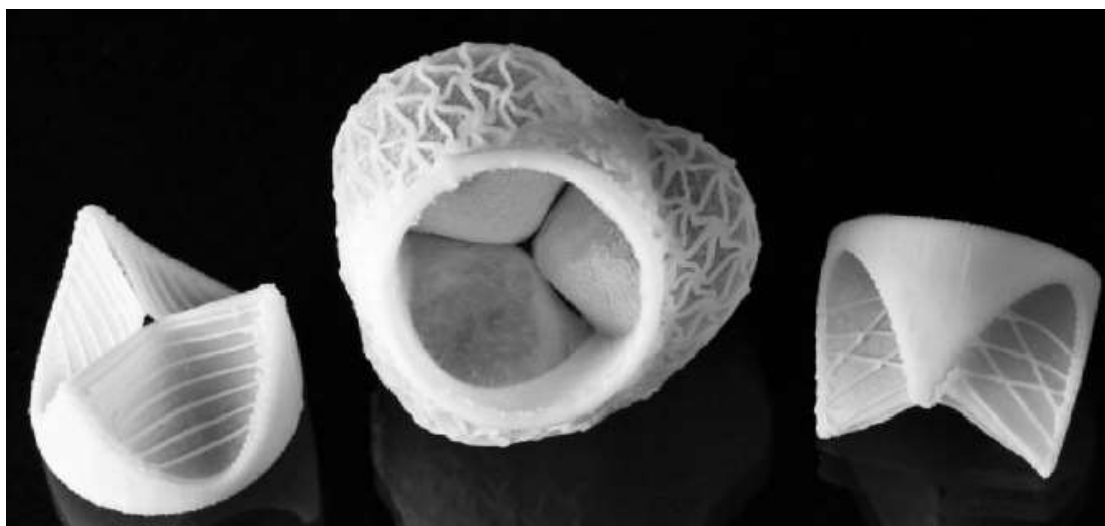
Οι παραπάνω εφαρμογές εξελίχτηκαν τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της τεράστιας ελάττωσης που επιφέρουν στο κόστος για την οριοθέτηση της γονιδιωματικής ακολουθίας, με την συγκεκριμένη μορφή ιατρικής να έχει επιφέρει ήδη καθοριστικές συνέπειες στους κλάδους της ογκολογίας, της φαρμακολογίας κλπ. Όλο και πιο πολλοί πάσχοντες ενημερώνονται για το γενετικό τους προφίλ καθώς επίσης και για τις παθήσεις από τις οποίες είναι εφικτό να νοσήσουν, έχοντας ενεργό ρόλο στην διαχείριση της υγείας αλλά και της ευημερίας τους (Noar and Harrington, 2012).

Σημαντική, όμως, λογίζεται πως είναι και η νάνο-τεχνολογία. Η συγκεκριμένη τεχνολογία προσφέρει μεγάλες προοπτικές εφαρμογής σε ό,τι έχει να κάνει με την παροχή ιατρικής αλλά και φαρμακευτικής φροντίδας με απώτερο σκοπό την αποδοτικότερη παροχή φαρμακευτικών αγωγών, την αμεσότερη διάγνωση παθήσεων καθώς επίσης και την χορήγηση ειδικών εμβολίων (Rodrigues *et al.*, 2016).

Αποτελεί, επομένως, μια καθοριστική κινητήρια δύναμη για τις μελλοντικές καινοτόμες δράσεις αυτού του κλάδου, με μια σειρά από εξελιγμένες εφαρμογές, οι οποίες κατά κύριο λόγο περιέχουν θεραπείες νάνο-κλίμακας, βιο-αισθητήρες, εμφυτεύσιμα συστήματα, συστήματα χορήγησης φαρμακευτικών αγωγών αλλά και διάφορες τεχνολογίες απεικόνισης (Gaddi and Manca, 2014).

Μια εξίσου σημαντική εξέλιξη είναι και η τρισδιάστατη εκτύπωση. Η συγκεκριμένη εκτύπωση εξαλείφει αρκετούς από τους περιορισμούς οι οποίοι εντοπίζονται στις κλασικές τακτικές κατασκευής εξαρτημάτων και συσκευών. Παρέχει καινούριες ικανότητες στη μαζική παραγωγή αλλά και στην προσαρμογή εξαρτημάτων, με εμπορικά βιώσιμο κόστος, κάτι που δεν ήταν εφικτό μέχρι σήμερα. Η δυνατότητα παραγωγής σύνθετων συστημάτων, κάνει τη μεταλλική αυτή εκτύπωση κατάλληλη με στόχο την ανάπτυξη ειδικών ιατρικών συστημάτων, όπως είναι για παράδειγμα τα προσθετικά μέλη, διάφορα χειρουργικά εργαλεία, οδοντιατρικά συστήματα κλπ (Ferreira, 2016).

Καθοριστική, όμως, θεωρείται και η εικονική και επαυξημένη πραγματικότητα. Οι καινοτόμες δράσεις αυτής της μορφής είναι εφικτό να παίξουν καθοριστικό ρόλο για τους ιατρούς αλλά και τους χειρουργούς, προκειμένου να ενισχύσουν την δυνατότητα διάγνωσης, θεραπείας και χειρουργικής επέμβασης στους πάσχοντές τους, προσφέροντας αμεσότερη και με μεγαλύτερη ακρίβεια πρόσβαση σε χρήσιμα δεδομένα που είναι σε πραγματικό χρόνο. Είναι εφικτό, ταυτόχρονα, να προσθέσουν καθοριστική αξία στην άσκηση της ιατρικής αλλά και στην εκπαίδευση (Hale *et al.*, 2018).



Εικόνα 2.3 : Καρδιακές βαλβίδες που έχουν αναπτυχθεί από σιλικόνη με 3D εκτύπωση (Bhatia *et al.*, 2021)

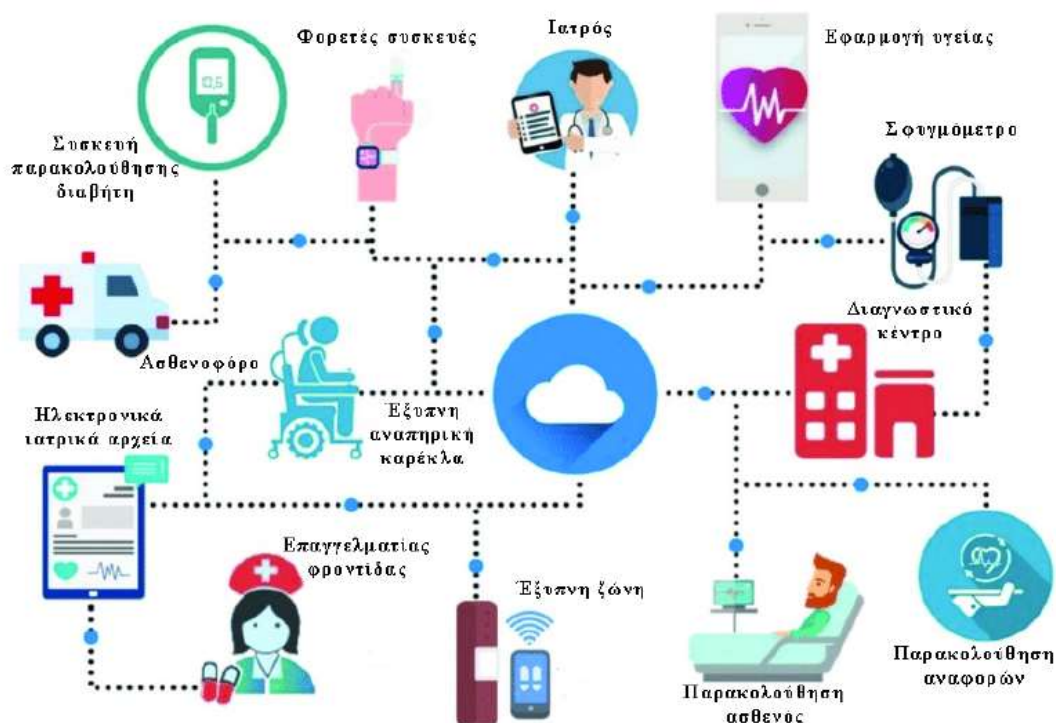
Σημαντική είναι και η εξέλιξη του διαδικτύου των πραγμάτων, που ενισχύεται από την αισθητή ανοδική τάση του συνόλου των διασυνδεδεμένων ιατρικών συστημάτων που έχουν την ευχέρεια να αναπτύξουν, να συλλέξουν, να αναλύσουν αλλά και να μεταδώσουν χρήσιμες πληροφορίες, καθώς είναι διασυνδεδεμένα με δίκτυα παρόχων υγειονομικής φροντίδας και έχουν την ευχέρεια να διαβιβάσουν πληροφορίες στο υπολογιστικό νέφος είτε σε εσωτερικό αποθηκευτικό χώρο (Blusi, 2014).

Η αγορά αυτή είναι εξαιρετικά πιθανό να παρουσιάσει τεράστια ανοδική τάση στο άμεσο μέλλον. Η συγκεκριμένη ανοδική τάση κατά κύριο λόγο θα προέρχεται από την ραγδαία ψηφιοποίηση των συστημάτων υγείας με κυριότερο σκοπό την αποδοτικότερη περίθαλψη των πασχόντων, την ανοδική τάση της ζήτησης κινητών τεχνολογιών καθώς επίσης και την αισθητή ανοδική τάση της ζήτησης αυτών των υπηρεσιών από τους ανθρώπους μεγαλύτερης ηλικίας είτε από ανθρώπους με χρόνια νοσήματα.

Τέλος, δεν θα πρέπει να αγνοήσουμε την τεχνητή νοημοσύνη, η οποία σχετίζεται με την προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης σε συστήματα τα οποία έχουν σχεδιαστεί να σκέφτονται και να δρουν σαν τους ανθρώπους. Οι συγκεκριμένες τεχνολογίες έχουν την ευχέρεια να εξάγουν συμπεράσματα από δεδομένα τα οποία

λαμβάνουν ενώ παράλληλα έχουν την ευχέρεια να μάθουν από τα πρότυπα δεδομένων τα οποία επεξεργάζονται (Hale *et al.*, 2018).

Οι εν λόγω τεχνολογίες κατά κύριο λόγο περιέχουν την εκμάθηση μηχανών, την εποπτευόμενη αλλά και τη μη μάθηση καθώς επίσης και την επεξεργασία της φυσικής γλώσσας. Η τεχνολογία αυτής της μορφής είναι πιθανόν να φέρει την επανάσταση σε αρκετούς και διαφορετικούς κλάδους της βιο-φαρμακευτικής, στο σχεδιασμό φαρμάκων, στην ιατρική φροντίδα αλλά και στην κλινική έρευνα (Rahamathulia and Sha, 2017).



Εικόνα 2.4: Internet of Things στην υγεία (Βασαλάκη, 2017)

25 Προκλήσεις

Στη σύγχρονη εποχή, τα συστήματα υγείας σε εθνικό αλλά και σε διεθνές επίπεδο θα αντιμετωπίσουν μια πρόκληση βιωσιμότητας, αφού η ζήτηση για παροχή υπηρεσιών θα παρουσιάσει σημαντική ανοδική τάση. Αυτό κατά κύριο λόγο

προέρχεται από την ανοδική τάση του πληθυσμού, την συνεπαγόμενη γήρανσή του (2 δισεκατομμύρια άνθρωποι θα είναι μεγαλύτεροι από τα 60 χρόνια ζωής έως και την περίοδο του 2050 σε σχέση με τα 900 εκατομμύρια που είναι σήμερα) καθώς επίσης και από την αισθητή ανοδική τάση των χρόνιων παθήσεων, τα φαινόμενα της παχυσαρκίας αλλά και της συνοσηρότητας διαφοροποιημένων παθήσεων (Ferreira, 2016).

Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος που στην σύγχρονη εποχή τα συγκεκριμένα συστήματα θα πρέπει να προσαρμοστούν άμεσα στα καινούρια δεδομένα για να κατορθώσουν να ανταπεξέλθουν όπως πρέπει στις προκλήσεις και ταυτόχρονα να βελτιώσουν όσο περισσότερο γίνεται στο επίπεδο παροχής υγειονομικών υπηρεσιών στους ανθρώπους (Rodrigues *et al.*, 2016).

Σημαντικό ρόλο σε όλο αυτό θα διαδραματίσουν οι καινούριες ψηφιακές τεχνολογίες καθώς επίσης και η ορθή και αποτελεσματική χρησιμοποίησή τους στον υγειονομικό κλάδο. Παρά τις αρκετά υποσχόμενες τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση τους, η έως σήμερα εμπειρία σε παγκόσμιο επίπεδο δείχνει πως υφίστανται πολλές δυσκολίες στην καθημερινή εφαρμογή τους (Gaddi and Manca, 2014).

Έρευνες αναφέρουν πως οι πιο σημαντικές προκλήσεις αυτής της μορφής είναι τεχνολογικές (πληροφοριακά συστήματα και διαλειτουργικότητα, προτυποποίηση, συλλογή, επεξεργασία, ασφάλεια κλπ), οικονομικές (κόστος ΤΠΕ, κόστος ανθρώπινου δυναμικού για τα πληροφοριακά συστήματα, κόστος κατάρτισης κλπ), κοινωνικές (εξοικείωση των χρηστών με τα σύγχρονα συστήματα, κοινωνικός αποκλεισμός μειονοτήτων εξαιτίας μη εξοικείωσης με την τεχνολογία κλπ), νομικές (ανανέωση νομοθετικών πλαισίων, διασφάλιση συγκατάθεσης κλπ) καθώς επίσης και επιχειρηματικές (επιχειρηματικά μοντέλα στην ηλεκτρονική υγεία, σύγκλιση εταιριών που εμπλέκονται σε αυτήν την υγεία κλπ) (Noar and Harrington, 2012).

ΧΡΗΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΥΓΕΙΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Μετά τις τηλεπικοινωνίες, οι οπτικές ίνες έφεραν νέα επανάσταση στον τομέα της υγείας και της ιατρικής. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιήθηκαν αρχικά, στις αρχές της δεκαετίας του '60, για να απεικονίσουν εσωτερικές ανατομικές θέσεις φωτίζοντας ενδοσκόπια. Η ουσιαστική τεχνολογική λύση για τη λήψη εικόνων καλής ποιότητας ήταν η εισαγωγή της «επένδυσης» κατά τη δεκαετία του 1950 (Li *et al.*, 2004).

Το αποτέλεσμα ήταν η ανάπτυξη ελάχιστα επεμβατικών εργαλείων που είχαν γίνει απαραίτητα για ιατρική διάγνωση και χειρουργική επέμβαση. Πλέον οι οπτικές ίνες προσφέρουν τη δυνατότητα για πολλά περισσότερα από απλές εργασίες φωτισμού ή απεικόνισης. Για παράδειγμα, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν μέσω αισθητήρων οπτικών ινών (FOS), με ιδιαίτερα μνεία στις βιοϊατρικές εφαρμογές (Ghatak and Thyagarajan, 2016).

Η ανάπτυξη των FOS ξεκίνησε τη δεκαετία του '60, αλλά το υψηλό κόστος των εξαρτημάτων και το μικρό ενδιαφέρον της ιατρικής κοινότητας καθυστέρησαν τη βιομηχανική επέκταση. Η μείωση του κόστους των βασικών οπτικών εξαρτημάτων που επιτρέπουν την πραγματοποίηση ακόμη και των FOS μιας χρήσης ή ενός ασθενούς, η αύξηση της ποιότητας των εξαρτημάτων, η ανάπτυξη μικρογραφίας και η διαθεσιμότητα συσκευών «plug and play» ήταν οι κυριότεροι λόγοι της ανάπτυξης που λαμβάνει χώρα κατά τη χρήση των FOS (Modell and Perelman, 2006).

Επιπλέον, οι συγκεκριμένοι αισθητήρες χαρακτηρίζονται από ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους συμβατικούς μετατροπείς που επιτρέπουν την ικανοποίηση των απαιτήσεων για χρήση σε ιατρικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, οι εν λόγω αισθητήρες είναι ανθεκτικοί, έχουν καλή ακρίβεια και ευαισθησία, σχεδόν

μηδενική ευαισθησία και μετατόπιση, μικρό μέγεθος και μικρό βάρος, είναι αρκετά πιο ασφαλείς από τους συμβατικούς αισθητήρες (επειδή δεν έχουν ηλεκτρική σύνδεση με τον ασθενή), έχουν μεγάλο εύρος ζώνης και δεν υφίσταται σοβαρό πρόβλημα από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (Roeggel *et al.*, 2015).

Αυτό το τελευταίο χαρακτηριστικό επιτρέπει την παρακολούθηση παραμέτρων φυσιολογικού ενδιαφέροντος κατά τη χρήση ηλεκτρικών εργαλείων καυτηριασμού ή σε απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού. Προς το παρόν, τα FOS χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση φυσικών (π.χ. πίεση, δύναμη κλπ) είτε χημικών μεταβλητών (συγκέντρωση οξυγόνου στο αίμα, pH, pO₂ και pCO₂) (Ghatak and Thyagarajan, 2016).

Η απλούστερη ταξινόμηση FOS βασίζεται στην υποδιαίρεση σε εγγενείς και εξωτερικούς αισθητήρες. Σε έναν εγγενή αισθητήρα, το στοιχείο ανίχνευσης είναι η ίδια η οπτική ίνα, ενώ ένας εξωτερικός αισθητήρας χρησιμοποιεί την οπτική ίνα ως μέσο για τη μετάδοση του φωτός, των οποίων οι φυσικοί παράμετροι σχετίζονται με την διαδικασία της μέτρησης (Krehel, 2014).

32 Εφαρμογές οπτικών ινών στην υγεία

Όταν οι περισσότεροι σκέφτονται οπτικές ίνες, σκέφτονται την καλωδιακή τηλεόραση και το διαδίκτυο υψηλής ταχύτητας. Ωστόσο, οι οπτικές ίνες έχουν επίσης επικρατήσει στην ιατρική κοινότητα εδώ και αρκετά χρόνια. Σήμερα, οι παγκόσμιοι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης προσπαθούν να βρουν προηγμένα βιοϊατρικά εργαλεία για να παρέχουν πιο αποτελεσματική διάγνωση, παρακολούθηση και θεραπεία ασθενών.

Οι οπτικές ίνες εμφανίζουν μια ποικιλία χαρακτηριστικών που τα καθιστούν χρήσιμα στον ιατρικό τομέα. Είναι ευαίσθητα στις ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές και είναι συνήθως μικρά σε μέγεθος. Επιπλέον, η ικανότητά τους να αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες, ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία όπως οι μαγνητικές τομογραφίες και η ιοντίζουσα ακτινοβολία καθιστούν τις οπτικές ίνες το τέλειο ιατρικό εργαλείο. Παράλληλα, οι οπτικές ίνες είναι μη τοξικές, χημικά αδρανείς και εγγενώς ασφαλείς

και ως εκ τούτου, είναι ένα ιδανικό υλικό για χρήση μέσα και κοντά στο ανθρώπινο σώμα (Rickett, 2015).

Αυτές οι μοναδικές ιδιότητες επιτρέπουν την ανάπτυξη πολύπλοκων βιοϊατρικών οργάνων. Αυτό είναι κάτι το οποίο συμβάλλει στην αυξανόμενη ικανότητα εκτέλεσης χειρουργικών επεμβάσεων και διαγνωστικών εξετάσεων. Συνολικά, αυτή η σημαντική τεχνολογία συνεχίζει να ανοίγει πόρτες σε τομείς όπως νευρολογία, γαστρεντερολογία, καρδιολογία και πολλά άλλα. Καθώς η παγκόσμια κοινότητα συνεχίζει να μεγαλώνει και να ζει περισσότερο, ο προηγμένος βιοϊατρικός εξοπλισμός γίνεται όλο και πιο κρίσιμος (Wu *et al.*, 2018).

Τα φυσικά χαρακτηριστικά των ινών, όπως η ευελιξία και το μικρό βάρος, καθιστούν τις οπτικές ίνες ιδανικές για πολλές και διαφορετικές ιατρικές εφαρμογές. Ωστόσο, η ελάχιστη επεμβατική χειρουργική επέμβαση είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που κρύβονται πίσω από την επιτυχία των οπτικών ινών. Η αύξηση των ασθενειών όπως πέτρες στα νεφρά, καρκίνος, καρδιαγγειακές παθήσεις και αρθρίτιδα παγκοσμίως έχει οδηγήσει σε μεγαλύτερο πληθυσμό που αναζητά ελάχιστα επεμβατικές διαδικασίες. Ενώ η παραδοσιακή χειρουργική επέμβαση εκθέτει ιστούς και όργανα μέσω μεγάλων τομών, η ελάχιστη επεμβατική χειρουργική επέμβαση επιτρέπει λιγότερο πόνο κατά τη διάρκεια των επεμβάσεων, ταχύτερο χρόνο ανάρρωσης και μικρότερο κίνδυνο μόλυνσης για τον ασθενή (Roeggel *et al.*, 2015).

Έτσι, οι κύριες εφαρμογές για οπτικές ίνες στον ιατρικό τομέα είναι σε μικρά, συμπαγή όργανα που βοηθούν τους γιατρούς να κάνουν χειρουργικές επεμβάσεις ή να διαγνώσουν ασθενείς. Αυτά τα εργαλεία συνεχίζουν να αναπτύσσονται τόσο στο νοσοκομειακό περιβάλλον όσο και σε αναδυόμενες ερευνητικές μελέτες (Katzir, 2012).

Μια από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές των οπτικών ινών στην ιατρική είναι στα στοιχεία απεικόνισης και φωτισμού των ενδοσκοπίων. Η λέξη ενδοσκόπιο σημαίνει «θέα μέσα». Οι εύκαμπτες, αλλά άκαμπτες πολλαπλές ίνες επιτρέπουν την απεικόνιση των εσωτερικών οργάνων και ιστών μέσω σωματικών στομιών. Οι γιατροί χρησιμοποιούν ενδοσκόπια για να διερευνήσουν συμπτώματα όπως ναυτία και κοιλιακό άλγος, να επιβεβαιώσουν τις διαγνώσεις πραγματοποιώντας βιοψίες ή να δώσουν ιατρική θεραπεία (Mayoral *et al.*, 2020).

Οι βιοϊατρικοί αισθητήρες οπτικών ινών είναι μια άλλη τεράστια εφαρμογή της τεχνολογίας οπτικών ινών. Αυτοί οι αισθητήρες μπορεί να είναι εγγενείς ή εξωγενείς και είναι σε θέση να μετρήσουν μια ποικιλία φυσιολογικών χαρακτηριστικών. Η θερμοκρασία του σώματος, η θερμοκρασία του αίματος, η μετατόπιση των μυών και ο καρδιακός ρυθμός είναι μόνο μερικά από τα πολλά χαρακτηριστικά που μπορούν να μετρήσουν οι αισθητήρες αυτής της μορφής (Saint-Jalm, 2014).



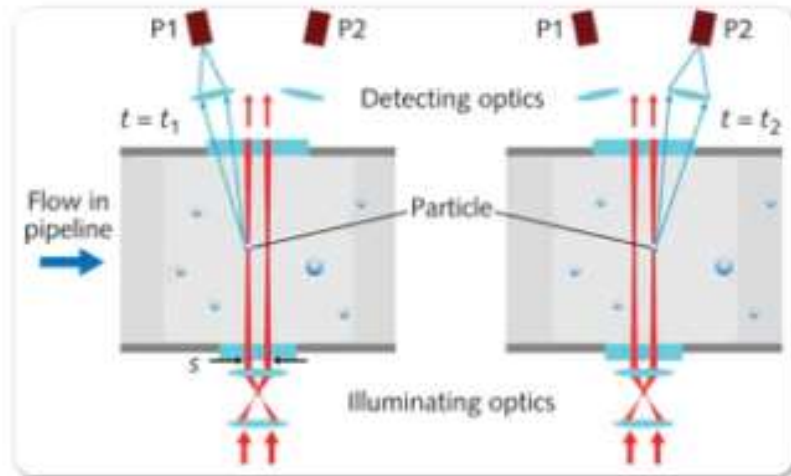
Εικόνα 3.1 : Εφαρμογή οπτικών ινών στα ενδοσκόπια (Ghatak and Thyagarajan, 2016)

Γενικότερα, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε πως οι αισθητήρες οπτικών ινών περιλαμβάνουν πηγή φωτός, οπτική ίνα, εξωτερικό μορφοτροπέα και φωτοανιχνευτή. Αισθάνονται ανιχνεύοντας τη διαμόρφωση μιας ή περισσότερων από τις ιδιότητες του φωτός που καθοδηγείται μέσα στην ίνα. Η διαμόρφωση παράγεται με άμεσο και επαναλαμβανόμενο τρόπο από εξωτερική διαταραχή που προκαλείται από τη φυσική παράμετρο που πρέπει να μετρηθεί. Το μέτρο ενδιαφέροντος συνάγεται από τις αλλαγές που εντοπίστηκαν στην ιδιότητα φωτός (Katzir, 2012).

Όπως προαναφέρθηκε, οι αισθητήρες οπτικών ινών μπορεί να είναι εγγενείς ή εξωγενείς. Σε έναν εγγενή αισθητήρα, το φως δεν αφήνει ποτέ την ίνα και η παράμετρος που ενδιαφέρει επηρεάζει μια ιδιότητα του φωτός που διαδίδεται μέσω της ίνας, ενεργώντας απευθείας στην ίδια την ίνα. Σε έναν εξωτερικό αισθητήρα, η διαταραχή δρα σε έναν μορφοτροπέα και η οπτική ίνα απλώς μεταδίδει φως από και προς τη θέση ανίχνευσης (Mayoral *et al.*, 2020).

Πολλοί και διαφορετικοί μηχανισμοί ανίχνευσης οπτικών ινών έχουν χρησιμοποιηθεί ήδη για βιομηχανικές είτε για βιοϊατρικές εφαρμογές, μεταξύ των οποίων είναι οι σχάρες ινών Bragg (FBG), οι κοιλότητες Fabry-Perot ή οι εξωτερικές ίνες αισθητήρων συμβολομέτρου Fabry-Perot (EFPI), το συμβολόμετρο Sagnac, το συμβολόμετρο Mach-Zehnder κλπ. Τα πιο συνηθισμένα, ωστόσο, βασίζονται σε EFPI και FBG. Οι φασματοσκοπικοί αισθητήρες που βασίζονται στην απορρόφηση φωτός και τον φθορισμό είναι επίσης συνηθισμένοι. Το βιοϊατρικό φως μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε τέσσερις κύριους τύπους που είναι το φυσικό, το απεικονιστικό, το χημικό καθώς επίσης και το βιολογικό (Roeggel *et al.*, 2015).

Οι φυσικοί αισθητήρες μετρούν μια ποικιλία φυσιολογικών παραμέτρων, όπως είναι για παράδειγμα η θερμοκρασία του σώματος, η αρτηριακή πίεση και η μετατόπιση των μυών κλπ. Οι αισθητήρες απεικόνισης περιλαμβάνουν τόσο ενδοσκοπικές συσκευές για εσωτερική παρατήρηση και απεικόνιση, όσο και πιο προηγμένες τεχνικές όπως η οπτική τομογραφία συνοχής (OCT) και η φωτοακουστική απεικόνιση όπου οι εσωτερικές σαρώσεις και η απεικόνιση μπορούν να γίνουν χωρίς παρεμβολές (Ndukwe, 2016).



Εικόνα 3.2 : Εγγενείς και εξωγενείς αισθητήρες οπτικών ινών (Krehel, 2014).

Οι χημικοί αισθητήρες βασίζονται σε τεχνικές φθορισμού, φασματοσκοπίας και δεικτών για τον προσδιορισμό και τη μέτρηση της παρουσίας συγκεκριμένων χημικών ενώσεων και μεταβολικών μεταβλητών (όπως το pH, το οξυγόνο στο αίμα ή το επίπεδο γλυκόζης κλπ). Επί της ουσίας, ανιχνεύουν συγκεκριμένα χημικά είδη για διαγνωστικούς σκοπούς, ενώ παράλληλα παρακολουθούν τις χημικές αντιδράσεις και τη δραστηριότητα του σώματος. Από την άλλη μεριά, οι βιολογικοί αισθητήρες τείνουν να είναι πιο πολύπλοκοι και βασίζονται σε βιολογικές αντιδράσεις αναγνώρισης-όπως ένζυμο-υπόστρωμα, αντιγόνο-αντίσωμα ή υποδοχέα συνδέτη-για τον προσδιορισμό και την ποσοτικοποίηση συγκεκριμένων βιοχημικών μορίων που μας ενδιαφέρουν (Sun *et al.*, 2019).

Όσον αφορά την ανάπτυξη αισθητήρων, οι βασικοί αισθητήρες απεικόνισης είναι οι πιο ανεπτυγμένοι. Οι αισθητήρες οπτικών ινών για τη μέτρηση των φυσικών παραμέτρων είναι ο επόμενος πιο διαδεδομένος και ο λιγότερο ανεπτυγμένος τομέας. Όσον αφορά τα επιτυχημένα προϊόντα, θα πρέπει να επισημανθεί πως αυτά είναι οι αισθητήρες για τη βιοχημική ανίχνευση (Rickett, 2015).

Οι βιοϊατρικοί αισθητήρες παρουσιάζουν μοναδικές προκλήσεις σχεδιασμού και ιδιαίτερα προβλήματα που σχετίζονται με τη διασύνδεσή τους με έναν βιολογικό οργανισμό. Οι αισθητήρες πρέπει να είναι ασφαλείς, αξιόπιστοι, εξαιρετικά σταθεροί, βιοσυμβατοί, επιδεκτικοί σε αποστείρωση, να μην είναι επιρρεπείς σε βιολογική

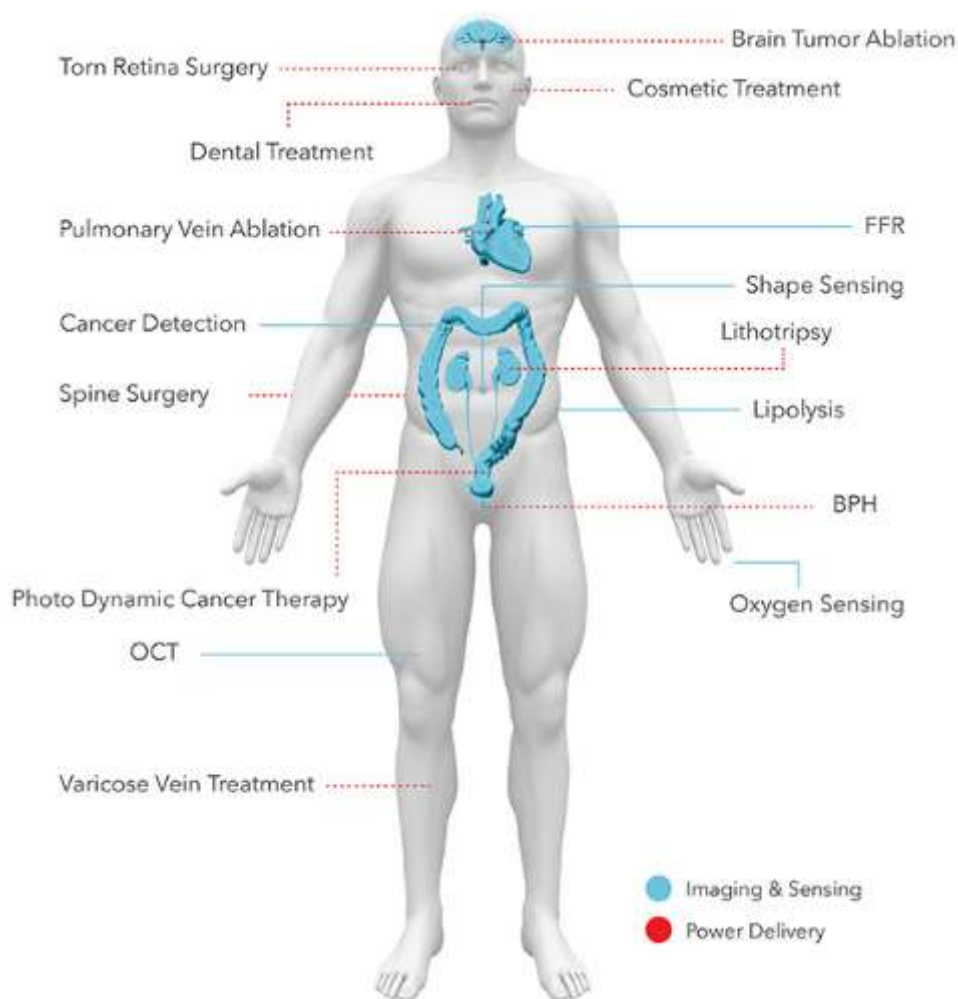
απόρριψη και να μην απαιτούν βαθμονόμηση (ή τουλάχιστον να διατηρούν τη βαθμονόμηση για παρατεταμένες περιόδους). Η ανάπτυξη των αισθητήρων είναι μια ιδιαίτερα κρίσιμη πτυχή, καθώς οι συσκευές πρέπει να είναι πολύ μικρές - ιδιαίτερα αυτές για εμφύτευση. Οι συσκευές αυτής της μορφής πρέπει επίσης να είναι όσο το δυνατόν πιο απλές (Wu *et al.*, 2018).

Οι εφαρμογές για βιοϊατρικούς αισθητήρες μπορούν να ταξινομηθούν ως *in vivo* ή *in vitro*. Το πρώτο εξ αυτών αναφέρεται σε εφαρμογή σε ένα ολόκληρο, ζωντανό οργανισμό - όπως ένας άνθρωπος ασθενής. Το δεύτερο εξ αυτών κατά κύριο λόγο αναφέρεται σε δοκιμές εκτός του σώματος - όπως είναι για παράδειγμα διάφορες εργαστηριακές εξετάσεις αίματος κλπ (Sun *et al.*, 2019).

Από την άποψη του τρόπου με τον οποίο εφαρμόζονται οι αισθητήρες σε έναν ασθενή ή σε ένα βιολογικό σύστημα, μπορούν να ταξινομηθούν ως μη επεμβατικοί, επαφής (επιφάνεια του δέρματος), ελάχιστα επεμβατικοί (εσωτερικοί) ή επεμβατικοί (εμφυτεύσιμοι). Οι βιοϊατρικοί αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ανθρώπους (κλινικούς), σε ζώα (κτηνιατρικούς) ή άλλους ζωντανούς οργανισμούς (επιστήμες της ζωής) και, ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διαγνωστικές, θεραπευτικές ή εντατικές θεραπείες σε κλινικές εφαρμογές. έρευνα και προ-κλινική ανάπτυξη είτε εργαστηριακές δοκιμές (Roeggel *et al.*, 2015).

Η αγορά βιοϊατρικής ανίχνευσης αντιπροσωπεύει μια προσοδοφόρα και αυξανόμενη ευκαιρία για αυτόν τον τομέα, ιδιαίτερα για μεγάλο όγκο ανιχνευτών μίας χρήσης. Η ζήτηση για περισσότερες συσκευές παρακολούθησης ασθενών συνδυάζεται με μια τάση προς ελάχιστα επεμβατική χειρουργική επέμβαση, η οποία από μόνη της απαιτεί μια ποικιλία από ιατρικές συσκευές που είναι ελάχιστα επεμβατικές, καθώς και αισθητήρες μιας χρήσης μικρού μεγέθους που μπορούν να ενσωματωθούν σε καθετήρες και ενδοσκόπια (ιδανική εφαρμογή για αισθητήρες οπτικών ινών). Υπάρχει επίσης μια αδιαμφισβήτητη ευκαιρία για αυτήν την τεχνολογία εάν χρησιμοποιηθούν ως αισθητήρες συμβατούς με EMI να παρακολουθούν ζωτικά σημεία κατά τη χρήση μαγνητικής τομογραφίας (και σχετικών τεχνικών), καθώς και θεραπείες RF (Katzir, 2012).

Έρευνες τα προηγούμενα χρόνια εκτιμούσαν ότι η αγορά των συσκευών παρακολούθησης ασθενών στις ΗΠΑ θα αγγίξει τα 3,6 δισεκατομμύρια δολάρια το 2007 και τα 5,1 δισεκατομμύρια δολάρια το 2013. Το τμήμα των αισθητήρων μίας χρήσης (και άλλων αναλώσιμων) της αγοράς υπολογιζόταν πως θα είναι 2,6 δισεκατομμύρια δολάρια το 2007 και να θα φθάσει τα 3,4 δισεκατομμύρια δολάρια το 2013 (Ndukwe, 2016).



Εικόνα 3.3 : Εφαρμογές οπτικών ινών στην ιατρική³

³[<https://www.ofsoptics.com/medical/>]

Το μερίδιο των οπτικών ινών αυτής της παγκόσμιας αγοράς είναι μικρό και εκτιμάται ότι είναι περίπου 100 εκατομμύρια δολάρια. Ωστόσο, το δυναμικό είναι τεράστιο και οι βιοϊατρικοί αισθητήρες οπτικών ινών παρέχουν δυνατότητες και χαρακτηριστικά που δεν μπορούν να ληφθούν διαφορετικά. Το υψηλό κόστος παραμένει εμπόδιο, όπως και οι μακροχρόνιοι κύκλοι ανάπτυξης και η απαιτούμενη κανονιστική διαδικασία. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη αισθητήρων δεν είναι ασήμαντοι και πρέπει να ληφθούν υπόψη μαζί με την σωστή επιλογή υλικού, τον σχεδιασμό, τη βιο-συμβατότητα, την ασφάλεια των ασθενών και άλλα εξίσου σημαντικά ζητήματα. Ωστόσο, υπάρχουν ήδη πολλά επιτυχημένα προϊόντα στην αγορά και θα αναπτυχθούν ακόμα περισσότερα (Rahamathulia and Sha, 2017).

Η τομογραφία οπτικής συνοχής (OCT), που αναφέρθηκε παραπάνω, είναι ένας τύπος βιοϊατρικού αισθητήρα. Με λίγα λόγια, είναι μια ιατρική τεχνική απεικόνισης που χρησιμοποιεί αισθητήρες απεικόνισης για τη λήψη τρισδιάστατων εικόνων μικροσκοπικής κλίμακας μέσα από ένα οπτικό μέσο διασποράς, όπως ο βιολογικός ιστός. Το OCT είναι ανάλογο με την απεικόνιση με υπερήχους, αλλά λειτουργεί χρησιμοποιώντας φως αντί για ήχο (Blusi, 2014).

Επιπλέον, παρέχει εικόνες ιστού επί τόπου και σε πραγματικό χρόνο. Αυτό επιτρέπει άμεση απεικόνιση της μορφολογίας των ιστών. Επιπλέον, σε συνδυασμό με καθετήρες και ενδοσκόπια, το OCT παρέχει επίσης εικόνες υψηλής ανάλυσης των συστημάτων οργάνων. Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει προχωρήσει σημαντικά τα τελευταία χρόνια, καθιστώντας το ως ένα σημαντικό πρότυπο για τη διάγνωση παθήσεων όπως είναι για παράδειγμα η στεφανιαία νόσος κλπ. Αυτό είναι δυνατό λόγω της ευέλικτης και μικρής κλίμακας φύσης των οπτικών ινών (Ghatak and Thyagarajan, 2016).

Ερευνητές στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας Μασσαχουσέτης (MIT) και στην Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου Harvard δημιούργησαν πρόσφατα ένα εντελώς ελαστικό πρωτότυπο οπτικών ινών. Το πρωτότυπο αποτελείται από μικροσκοπικούς σωλήνες οπτικών ινών κατασκευασμένους από υδρογέλη. Επί της ουσίας πρόκειται για ένα ελαστικό, βιοσυμβατό υλικό κατασκευασμένο σχεδόν εξ ολοκλήρου από νερό.

Είναι εξαιρετικά ευέλικτο, με τη δυνατότητα να τεντώνεται πάνω από 7 φορές το αρχικό του μήκος.

Ο τελικός στόχος αυτής της έρευνας ήταν να αναπτύξει ένα προηγμένο εργαλείο για τον τομέα της οπτογενετικής, την πρακτική ενεργοποίησης εγκεφαλικών κυττάρων και νευρώνων με μικροσκοπικό φως. Ωστόσο, αποδείχτηκε πως ακόμη και η υδρογέλη ήταν πολύ άκαμπτο για εφαρμογή στον εγκέφαλο. Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε, άλλωστε, πως εκτός από την ευθραυστότητά του, η εύκαμπτη και απαλή φύση του εγκεφάλου είναι επίσης εξαιρετικά δύσκολο να μιμηθεί. Έτσι, το πρωτότυπο έχει ακόμα πολύ δρόμο για να μπορέσει να εισαχθεί σε νοσοκομειακές ρυθμίσεις (Sun *et al.*, 2019).

Επιπλέον, οι επιστήμονες του Πανεπιστημίου St. Andrews και της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Harvard έχουν αναπτύξει μια νέα τεχνολογία με τη δυνατότητα να επουλώνουν ταχύτερα τις πληγές και να αντιμετωπίζουν τους όγκους πιο αποτελεσματικά. Αυτή η τεχνολογία λειτουργεί με βάση μια αρχή που ονομάζεται φωτοχημικός δεσμός ιστού.

Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει συνδυασμό ορατού φωτός λέιζερ με βαφές φωτο-ευαισθητοποίησης για τη δημιουργία δεσμών μεταξύ των επιφανειών των ιστών. Στην παραπάνω έρευνα, οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι οι οπτικές ίνες επέτρεπαν την εφαρμογή επισκευής ιστών βαθύτερα στο ανθρώπινο σώμα. Για να επιτευχθεί αυτό, ανέπτυξαν βιοδιασπώμενες ίνες που θα μπορούσαν να εισαχθούν στο σώμα, μεταφέροντας φως στις εσωτερικές πληγές. Οι συμβατικές συσκευές οπτικών ινών είναι κατασκευασμένες από γυαλί ή πλαστικό και παραμένουν μόνιμες στο σώμα μέχρι τη χειρουργική αφαίρεση. Αυτές οι ίνες, ωστόσο, μπορούν να απορροφηθούν ξανά στο σώμα, εξαλείφοντας την ανάγκη για αφαίρεση και περαιτέρω χειρουργικές επεμβάσεις, ενώ παράλληλα επουλώνουν πληγές (Hale *et al.*, 2018).

Γενικότερα, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε πως η ενσωμάτωση των οπτικών ινών στην ιατρική κοινότητα επέτρεψε ασφαλέστερες διαδικασίες, πιο αποτελεσματικές χειρουργικές επεμβάσεις, ταχύτερο χρόνο ανάρρωσης και καλύτερες διαγνωστικές εξετάσεις. Τα ιδανικά χαρακτηριστικά των οπτικών ινών, όπως η τροποποίησή τους στην αποστείρωση και το μικρό μέγεθος διαστάσεων, παρέχουν πολλές ευκαιρίες για την ανάπτυξη ιατρικών εργαλείων (Roeggel *et al.*, 2015).

Ωστόσο, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε πως ο σχεδιασμός βιοϊατρικών οργάνων εξακολουθεί να δημιουργεί σημαντικές προκλήσεις. Οι ιατρικές συσκευές πρέπει τυπικά να είναι αξιόπιστες, ιδιαίτερα σταθερές, ασφαλείς και βιοσυμβατές μεταξύ πολλών άλλων συστατικών. Παρόλο που αυτές οι απαιτήσεις έχουν δημιουργήσει εμπόδια στην ερευνητική κοινότητα, η ζήτηση για εξελιγμένα βιοϊατρικά εργαλεία εξακολουθεί να αυξάνεται (Saint-Jalm, 2014).

33 Η πιο διαδεδομένη χρήση των οπτικών ινών στην ιατρική - Ενδοσκόπιο

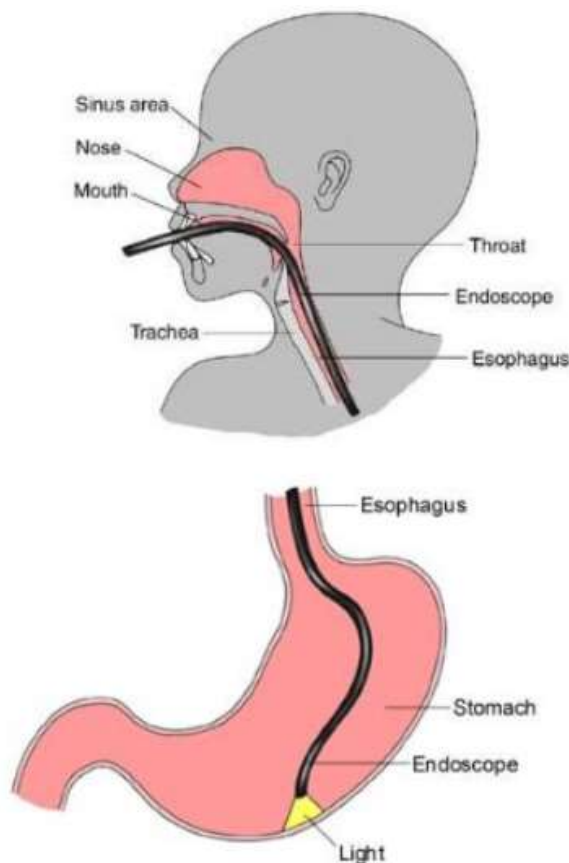
Στη σύγχρονη Ιατρική υφίστανται αρκετά και διαφορετικά σημεία που είναι απρόσιτα στην όραση των ανθρώπων και με κάποιο τρόπο χρειάζεται να διερευνηθούν διεξοδικά. Το όργανο το οποίο εκτελεί παρόμοιες εξετάσεις καλείται ενδοσκόπιο και αποτελεί την πιο διαδεδομένη εφαρμογή των οπτικών ινών σε αυτόν τον κλάδο (Ghatak and Thyagarajan, 2016).

Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελείται από ένα λεπτό και εύκαμπτο σωλήνα που εισχωρεί στο ανθρώπινο σώμα από την στοματική κοιλότητα, την μύτη είτε ακόμα και τον πρωκτό. Στην άκρη του εν λόγω σωλήνα υφίσταται μια κάμερα που καταγράφει εικόνα από την προς διερεύνηση περιοχή. Ακόμα, υφίσταται μια λάμπα που φωτίζει τη συγκεκριμένη περιοχή, προκειμένου η εικόνα την οποία καταγράφει η κάμερα να είναι όσο γίνεται περισσότερο ευκρινής.

Η απαίτηση διέλευσης του φωτός και της εικόνας παράλληλα από το καλώδιο έκανε τις οπτικές ίνες κατάλληλες για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Με αυτόν τον τρόπο διαμέσου ενός καλωδίου το οποίο περιλαμβάνει πολλές και διαφορετικές οπτικές ίνες υλοποιείται η μεταφορά του φωτός προς την περιοχή που θα πρέπει να διερευνηθεί (διαμέσου μιας ίνας) καθώς επίσης και η μεταφορά της εικόνας από την εν λόγω περιοχή (διαμέσου των υπόλοιπων οπτικών ινών) (Rahamathulia and Sha, 2017).

Το σύνολο αυτών των μέσων τα οποία καταλήγουν από την κάμερα στον χρήστη είναι καθοριστικό αφού οριοθετεί σε μεγάλο βαθμό τον όγκο πληροφοριών που είναι εφικτό να καταγραφεί από την κάμερα, επομένως, και την λεπτομέρεια, την ανάλυση της εικόνας την οποία λαμβάνει ο εκάστοτε χρήστης κλπ. Στην εικόνα που

ακολουθεί διακρίνεται η χρησιμότητα αυτού του εργαλείου με στόχο την εξέταση του στομάχου (Ndukwe, 2016).



Εικόνα 3.4: Χρήση ενδοσκοπίου οπτικής ίνας με στόχο την διερεύνηση του στομάχου (Rickett, 2015)

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά προβλήματα υγείας που αντιμετωπίζονται με το συγκεκριμένο εργαλείο είναι ο ίκτερος. Το συγκεκριμένο πρόβλημα υγείας αναπτύσσεται από πλεόνασμα χολερυθρίνης (πρόκειται για ένα απόβλητο της αποδόμησης ερυθρών αιμοσφαιρίων) στο αίμα. Κατά την διαδικασία θεραπείας της εν λόγω πάθησης, τα νεογνά τυλίγονται με ειδικό φωτεινό κάλυμμα με οπτικές ίνες (Katzir, 2012).

Σε αυτές τις περιπτώσεις το φως λειτουργεί σαν καταλύτης της χημικής διάσπασης της χολερυθρίνης, με απώτερο σκοπό να αποβληθεί όσο πιο εύκολα γίνεται

από τον οργανισμό του ασθενή. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, η κλασσική τακτική χρειάζεται μακρόχρονη έκθεση σε φως τεράστιας έντασης κυρίως στις θερμοκοιτίδες (Mayoral *et al.*, 2020).

Το ύφασμα αυτών των ινών προσφέρει την ευχέρεια για συνέχιση της θεραπείας ακόμα και από το σπίτι. Στην περίπτωση στην οποία ένας τέτοιος αγωγός μεταφέρει μονάχα φως, τα συγκεκριμένα μέσα δεν είναι σημαντικό να συντηρήσουν την αυστηρή διάταξη που έχουν. Στην περίπτωση όπου αυτός ο αγωγός μεταφέρει εικόνες, τα συγκεκριμένα μέσα είναι ζωτικής σημασίας να συντηρήσουν την διάταξη που έχουν, παρόλο που υπάρχει η δυνατότητα όσο αρχίζει να είναι χοντρό το καλώδιο και σταδιακά να χωρίζεται σε πιο μικρά, με κυριότερο στόχο να υπάρξει ανοδική τάση της ευλυγισίας του κατά μήκος της διαδρομής) ενώ στο τέλος υπάρχει η επανένωσή τους με στόχο την αναπαραγωγή της εικόνας (Ghatak and Thyagarajan, 2016).

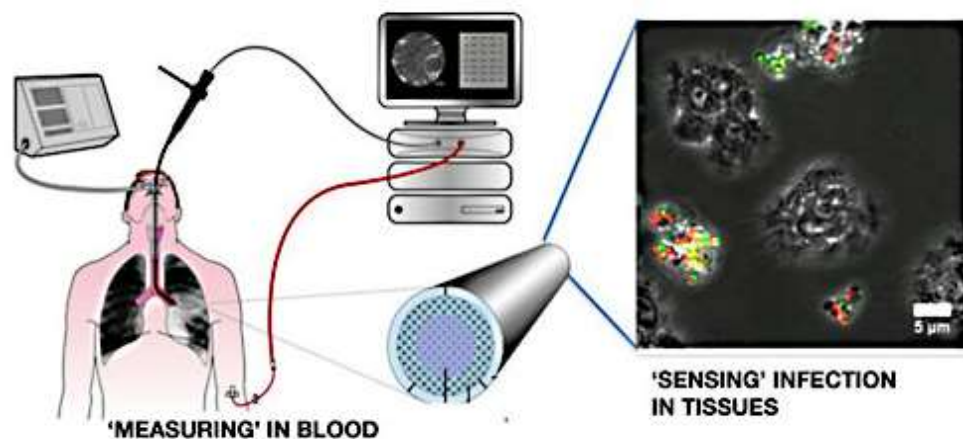
Γενικότερα, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε πως με το ενδοσκόπιο, οι θεράποντες ιατροί έχουν την ικανότητα να δουν είτε να επέμβουν στο εσωτερικό των κοιλότητων του σώματος του εκάστοτε πάσχοντα. Το κυριότερο εξάρτημά τους είναι ένας οπτικός αγωγός. Λόγω του ότι οι κοιλότητες του σώματος των ασθενών είναι σκοτεινές χρειάζεται αρχικά να οδηγηθεί το φως διαμέσου των οπτικών ινών στο εσωτερικό τους (Saint-Jalm, 2014).

Τις περισσότερες φορές γίνεται χρήση μιας λυχνίας αερίου ξένου το οποίο εκπέμπει φως τεράστιας έντασης. Το 50% του συγκεκριμένου αγωγού καταλαμβάνεται από τις οπτικές ίνες, οι οποίες οδηγούν το φως μέσα στην κοιλότητα ενώ το υπόλοιπο ποσοστό αφορά οπτικές ίνες οι οποίες μεταφέρουν την εικόνα του εσωτερικού της κοιλότητας στην εξειδικευμένη οθόνη της αίθουσας της επέμβασης (Sun *et al.*, 2019).

Στην περίπτωση στην οποία ο δρόμος τον οποίο θα διανύσει αυτό το εργαλείο δεν είναι μεγάλος (όπως συμβαίνει στην περίπτωση του αρθροσκοπίου είτε του λαπαροσκοπίου) διαλέγεται το είδος με φακούς οι οποίοι παρεμβάλλονται στην πορεία εξόδου της εικόνας, με κυριότερο στόχο να την ενισχύσουν, όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην περίπτωση του τηλεσκοπίου (Wu *et al.*, 2018).

Σε διαφορετική περίπτωση, όπου δηλαδή ο δρόμος αυτού του εργαλείου είναι ελικοειδής (όπως συμβαίνει για παράδειγμα στην περίπτωση του κολονοσκοπίου),

υφίστανται δυο διαφοροποιημένες επιλογές με στόχο τη μεταφορά της εικόνας. Στην περίπτωση στην οποία ο εν λόγω αγωγός έχει τεράστιο μήκος, τις περισσότερες φορές έχει προσαρμοσμένη στο άκρο του μια μικρή κάμερα λήψεως, της οποίας το εμβαδόν είναι μόνο μερικών τετραγωνικών χιλιοστομέτρων. Η συγκεκριμένη χρήση τις περισσότερες φορές αφορά άμεση είτε τοπική λήψη εικόνας. Το ολοκληρωμένο ηλεκτρονικό κύκλωμα σε αυτές τις περιπτώσεις μοιάζει με εκείνο των κλασικών συστημάτων τηλεοπτικής λήψης που υπάρχουν στο εμπόριο (Rickett, 2015).



Εικόνα 3.5 : Χρήση οπτικών ινών στην υγεία⁴

Επί της ουσίας αφορά ένα σύστημα το οποίο είναι εξοπλισμένο με τετράγωνο μικρό πλέγμα, το οποίο περιέχει χιλιάδες ηλεκτρονικούς αισθητήρες φωτός, οι οποίοι εντοπίζουν και αποθηκεύουν την ένταση του φωτός σε όλα τα σημεία του φωτεινού αντικειμένου το οποίο βλέπουν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, τα μέσα που μελετάμε σε αυτήν την εργασία με στόχο τη μεταφορά στην έξοδο της εσωτερικής εικόνας, έχουν χάσει την θέση τους από ηλεκτρικά καλώδια. Σαν ηλεκτρικό σήμα, η εικόνα εμφανίζεται σε δέκτη τηλεόρασης και τις περισσότερες φορές αποθηκεύεται σε μαγνητο-οπτικό σύστημα εγγραφής (Ghatak and Thyagarajan, 2016).

⁴[https://www.photonics.com/Articles/UK_Health_Care_Investment_Includes_Fiber_Optics/a53865]

Η 2^η επιλογή αφορά τον κλασικό διπλό αγωγό αυτής της μορφής. Επί της ουσίας πρόκειται για ένα κομμάτι των οπτικών ινών που στόχο του είναι να φωτίσει το εσωτερικό τμήμα και οι άλλες ίνες, θα πρέπει να οδηγήσουν την εικόνα έξω από το σώμα. Στις εύκολες ιατρικές δράσεις, στην έξοδο ενός τέτοιου αγωγού υφίσταται προσαρμογή προσοφθάλμιου φακού (όπως συμβαίνει για παράδειγμα στο μικροσκόπιο), όπου ο εξεταστής βλέπει την εικόνα.

Σε ιατρικές δράσεις που είναι πιο σύνθετες είτε ακόμα και σε επεμβατικές δράσεις, στην έξοδο του εν λόγω αγωγού προσαρμόζεται κάμερα CCD και η εικόνα μεταφέρεται στην οθόνη τηλεοπτικού δέκτη, που είναι δυνατόν να παρατηρεί ολόκληρη την ιατρική ομάδα σε πραγματικό χρόνο και να λαμβάνει αποφάσεις για τα στάδια επέμβασης που θα ακολουθήσουν (Krehel, 2014).

Το τμήμα του συγκεκριμένου οργάνου το οποίο περνά μέσα στο σώμα των πασχόντων (κατά κύριο λόγο οισοφάγο, έντερο, κοιλιακή χώρα κλπ) τις περισσότερες φορές έχει διάμετρο, η οποία κυμαίνεται από 0,3 μέχρι και 15 mm, σύμφωνα με το είδος του. Το μήκος του είναι εφικτό να αγγίξει έως και το 1,5 m ενώ τα υλικά του χρειάζεται να είναι κατάλληλα για διαρκείς αποστειρώσεις. Ακόμα, τα βοηθητικά μέσα τις περισσότερες φορές είναι μιας χρήσης (κατά κύριο λόγο για καλύτερη υγιεινή) (Ndukwe, 2016).

Στα όργανα που μελετάμε στη συγκεκριμένη ενότητα, η εικόνα μεταφέρεται με οπτικές ίνες, η διάμετρος και το σύνολο των ινών βάζει το όριο στη λεπτομέρεια της εικόνας που είναι εφικτό να γίνει διακριτή. Αυτό σημαίνει πως είναι στην διακριτική ευχέρεια της εκάστοτε συσκευής. Παρά το γεγονός αυτό, όμως, στη σημερινή εποχή τα εν λόγω όργανα περιλαμβάνουν αρκετές χιλιάδες οπτικές ίνες διαμέτρου μικρομέτρων (ελάχιστα εκατοστά της τρίχας ενός ανθρώπου), προσφέροντας διακριτική ευχέρεια της τάξης δέκατων του χιλιοστού (Saint-Jalm, 2014).

Έρευνες αναφέρουν πως λεπτότερες ίνες δεν θα βοηθούσαν, λόγω του ότι υφίσταται σημαντικός περιορισμός από το μήκος κύματος του χρησιμοποιούμενου φωτός. Τα όργανα αυτής της μορφής, όμως, πολλές φορές χρησιμεύουν και σαν χειρουργικά μέσα, συνεπώς, εκτός από την οπτική διάταξη τις περισσότερες φορές είναι εξοπλισμένα και με διάφορα άλλα συστήματα.

Για παράδειγμα, λόγω του ότι τα όργανα των ανθρώπων στέκονται από τη φύση τους δίχως ελεύθερο πεδίο τριγύρω τους με στόχο να λειτουργήσει ο χειρουργός υφίσταται εξειδικευμένος σωληνάκι εμφύσησης αδρανούς CO₂, το οποίο φουσκώνει την περιοχή και με αυτόν τον τρόπο διακρίνονται οι επιφάνειες των κοντινών οργάνων. Παράλληλα, πολλές φορές γίνεται χρήση και ενός άλλου σωλήνα που χρησιμεύει με στόχο την έγχυση ύδατος για ξέπλυμα της περιοχής αλλά και με στόχο την αναρρόφηση περίσσειας υγρών είτε αποβλήτων (Ghatak and Thyagarajan, 2016).

Το συγκεκριμένο όργανο είναι εφικτό να περιλαμβάνει λεπτή χειρουργική λαβίδα με στόχο την εξέταση του τύπου των ιστών που φωτίζονται, αλλά και μικροσκοπικό νυστέρι με απώτερο σκοπό την αφαίρεση δειγμάτων ιστών που χρειάζεται να μελετηθούν διεξοδικά στο εργαστήριο. Επίσης, μικρός βρόχος είναι εφικτό να τυλιχθεί στο λαιμό ογκιδίου. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας να αφαιρεθεί, ενώ ο βρόχος διαπερνάται με κατάλληλο ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο ανεβάζει την θερμοκρασία για τον παράλληλα καυτηριασμό του ιστού που έχει πληγωθεί (συμβάλλει στον σφράγισμα των αιμοφόρων αγγείων καθώς επίσης και στην αισθητή ελάττωση της τοπικής αιμορραγίας (Bhatia *et al.*, 2021).

Το όργανο που μελετάμε σε αυτήν την ενότητα είναι δυνατόν να περιλαμβάνει, παράλληλα, και ένα εξειδικευμένο σύστημα εκτόξευσης μικροσκοπικών συρραπτικών ελασμάτων είτε διαφορετικών διατάξεων με κυριότερο στόχο την συρραφή χειρουργικών τόμων. Στην κεφαλή του συγκεκριμένου οργάνου υφίσταται διάταξη πιλοτηρίου, από όπου ο χρήστης έχει την ευχέρεια να γυρίσει το άκρο και με αυτόν τον τρόπο να φωτιστεί ολόκληρη η περιοχή και από την άλλη έχει την δυνατότητα να επέμβει χειρουργικά με άλλες τακτικές σύμφωνα με την εκάστοτε περίπτωση (Hale *et al.*, 2018).

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα όσων προαναφέρθηκαν είναι η περίπτωση της λαπαροσκοπικής χειρουργικής. Σε αυτήν την περίπτωση η επέμβαση υλοποιείται διαμέσου κοντινών οπών στην κοιλιά του πάσχοντα. Σε μια απλή επέμβαση υλοποιούνται 3 έως και 4 τομές του 1cm, από όπου εισχωρούν 3 έως και 4 εργαλεία από τα οποία το πιο σύνηθες είναι το ενδοσκόπιο. Όλα τα άλλα εργαλεία αυτής της μορφής είναι καθαρά χειρουργικά (Rahamathulia and Sha, 2017).

Το πιο σημαντικό όφελος της παραπάνω επέμβασης σε σχέση με την περίπτωση της ανοιχτής χειρουργικής είναι οι καθοριστικά πιο μικρές τομές, για τις οποίες τις περισσότερες φορές φτάνει μονάχα η τοπική αναισθησία. Από την άλλη μεριά, το πιο καθοριστικό ελάττωμα αυτής της τακτικής είναι τα εξαιρετικά στενά όρια δράσης του χειρουργού, καθώς από την μια υφίσταται το δισδιάστατο οπτικό πεδίο και από την άλλη υφίσταται η ανάγκη λεπτεπίλεπτων χειρισμών, δίχως την αίσθηση της αφής. Αυτό σημαίνει πως οι χειρουργοί σε αυτές τις περιπτώσεις μονάχα εγκεφαλικά έχουν την ευχέρεια να εκτιμήσουν την κατάσταση και την δύναμη την οποία θα χρειαστεί να βάλουν στο εκάστοτε στάδιο μιας τέτοιας δράσης (Ghatak and Thyagarajan, 2016).

Σε ό,τι έχει να κάνει με την περίπτωση της κολονοσκόπησης, είναι σημαντικό να τονιστεί πως στη σύγχρονη εποχή συνιστάται να υλοποιείται κάθε λίγα έτη (κυρίως για ενήλικες που έχουν υψηλότερο κίνδυνο). Μέχρι και σήμερα εξακολουθεί να μην είναι μια βολική διαδικασία, αλλά είναι μια από τις πιο γρήγορες εξετάσεις και τις περισσότερες φορές υλοποιείται σε εξωτερικά ιατρεία, έχοντας χορηγήσει μονάχα ένα ηρεμιστικό στον πάσχοντα. Αυτό κατά κύριο λόγο σημαίνει πως συμβάλλει στην αισθητή ανοδική τάση του συνόλου των άμεσα διαγνωσμένων παθήσεων (όπως είναι για παράδειγμα των καρκίνων του παχέος εντέρου κλπ) (Blusi, 2014).

Εκτός από το ενδοσκόπιο, όμως, όπως αναφέρθηκε ήδη και στην προηγούμενη ενότητα, οι οπτικές ίνες βρίσκουν αρκετές ακόμα εφαρμογές σε αυτόν τον κλάδο. Για παράδειγμα χρησιμεύουν στην οφθαλμιατρική με απώτερο στόχο την μεταφορά φωτός με διάφορους μηχανισμούς προσαρμογής στο κεφάλι του γιατρού. Επίσης, χρησιμεύουν στην οδοντιατρική διαμέσου καμερών στην στοματική κοιλότητα, που εμφανίζουν τα δόντια του πάσχοντα (Ndukwe, 2016).

Ακόμα, χρησιμεύουν από χειρουργούς που χειρουργούν με την χρήση λέιζερ, με κυριότερο σκοπό να καταφέρουν να μεταφέρουν την ακτινοβολία αυτής της μορφής από τον πομπό στο σημείο εγχείρησης. Μέσα από την ραγδαία ανάπτυξη της επιστήμης της υγείας αναμένεται σταδιακά να εντοπιστούν περισσότερες εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας (Wu *et al.*, 2018).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως είδαμε στη συγκεκριμένη εργασία, οι οπτικές ίνες όπως επίσης και τα οπτικά δίκτυα είναι έννοιες οι οποίες έχουν εισχωρήσει για τα καλά στη σύγχρονη καθημερινότητα των ανθρώπων. Το γεγονός αυτό έχει άμεση σχέση με την διαρκή ανοδική τάση της ανάπτυξης αυτών των δικτύων. Συνέπεια της ανοδικής αυτής τάσης ήταν η αισθητή βελτίωση των προσφερόμενων υπηρεσιών μεταφοράς δεδομένων, που είναι ζωτικής σημασίας σήμερα.

Οι διαφορετικοί τύποι αυτών των καλωδίων έχουν ένα κοινό γνώρισμα που σχετίζεται με το γεγονός πως η συγκεκριμένη τεχνολογία συνδυάζει ένα σύνολο διαφοροποιημένων τομέων, προκειμένου να πετύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα (όπως είναι για παράδειγμα οι ασύρματες συνδέσεις, τα καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος κλπ). Οι περισσότερες έρευνες αναφέρουν πως οι άνθρωποι μπορούν να ελπίζουν σε μια πιο ραγδαία ανάπτυξη αυτών των δικτύων και κυρίως σε ό,τι έχει να κάνει με την μετάδοση δεδομένων.

Στη σημερινή εποχή, τα συγκεκριμένα μέσα χρησιμεύουν σε πολλές και διαφορετικές εφαρμογές. Παρόλα αυτά, εμείς μέσα από την εν λόγω εργασία εστίασαμε περισσότερο στην χρησιμότητα που έχουν οι οπτικές ίνες στον τομέα της υγείας και της ιατρικής. Σε αυτόν τον τομέα παίζουν καθοριστικό ρόλο κυρίως σε ό,τι έχει να κάνει με την αποτελεσματική διάγνωση, την παρακολούθηση αλλά και την θεραπεία ασθενών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση του ενδοσκοπίου και των FOS, που μελετήσαμε στο τελευταίο κεφάλαιο αυτής της εργασίας.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε πως οι τελευταίες εξελίξεις στην οπτική και στη φωτονική έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη μιας νέας γενιάς εργαλείων απεικόνισης-όπως η οπτική συνοχή και η φωτοακουστική τομογραφία-που μπορούν εύκολα να παρέχουν ακόμα και τρισδιάστατες εικόνες διαφορετικών ιστών και οργάνων του ανθρώπινου σώματος. Η οπτική είναι και θα συνεχίσει να είναι, μια τεχνολογία που επιτρέπει την ραγδαία εξέλιξη της ιατρικής μέσα από αρκετές και διαφορετικές δράσεις και εφαρμογές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- ❖ Αλεξανδρής Α., (2018), Επικοινωνιακά συστήματα με οπτικές ίνες, Εκδόσεις Τζιόλας, Αθήνα.
- ❖ Αλεξανδρής Α., (2010), Επικοινωνιακά συστήματα με οπτικές ίνες, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα.
- ❖ Αλεξόπουλος Χ., (2013), Παθητικά οπτικά δίκτυα τύπου WDM με εκτεταμένη προσιτότητα, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, Τρίπολη.
- ❖ Βασαλάκη Ε., (2017), Η ψηφιοποίηση των υπηρεσιών υγείας στην Ελληνική αγορά: Προκλήσεις και καινοτόμες λύσεις, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς.
- ❖ Δέδε Γ., (2013), Οπτικές επικοινωνίες, Σημειώσεις Μαθήματος, Οπτικές επικοινωνίες, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- ❖ Καρυπίδης Π., (2018), Παθητικά οπτικά δίκτυα-Συγκριτική ανάλυση και μελλοντικές τάσεις, Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- ❖ Ζευγώλης Δ., (2018), Εφαρμοσμένη Οπτική με θέματα Οπτικών Ινών και Laser, Εκδόσεις Τζιόλας, Αθήνα

Διεθνής βιβλιογραφία

- ❖ Al-Azzawi A., (2017), Fiber Optics: Principles and Advanced Practices, Second Edition, 2nd Edition, CRC Press.
- ❖ Bhatia S., Dubey A.K., Chikara R., Chaudhary P. et al., (2021), Intelligent Healthcare: Applications of AI in eHealth, Springer.
- ❖ Blusi M., (2014), E-Health and information and communication technology as support systems for older family caregivers in rural areas, Thesis, MID Sweden University.

- ❖ Chomycz B., (2014), *Fiber Optic Installer's Field Manual, Second Edition, 2nd Edition*, McGraw-Hill Education.
- ❖ Ferreira A.G.E., (2016), *Technology Acceptance in Health: eHealth – the perspective of clinicians*, Thesis to obtain the Master of Science Degree in Biomedical Engineering, Tecnico, Lisboa.
- ❖ Gaddi A., Manca M., (2014), *eHealth, Care and Quality of Life*, Springer.
- ❖ Ghatak A., Thyagarajan K., (2016), *Introduction to fiber optics*, Cambridge University Press.
- ❖ Hale M.T., Sylvia-Chou W.Y., Cotten S.R., (2018), *eHealth: Current Evidence, Promises, Perils, and Future Directions*, Emerald Publishing.
- ❖ Hayes J., (2017), *The FOA Reference Guide to Fiber Optic Testing*, CreateSpace Independent Publishing Platform.
- ❖ Hecht J., (2015), *Understanding Fiber Optics, 5th Edition*, CreateSpace Independent Publishing Platform.
- ❖ Katzir A., (2012), *Lasers and Optical Fibers in Medicine*, Academic Press.
- ❖ Krehel M.P., (2014), *Polymeric Optical Fibers for Biomedical Sensing*, Doctoral Thesis, MSc in Technical Physics – Biomedical Engineering, Wroclaw University of Technology, Poland.
- ❖ Li H.N., Li S.D., Song G.B., (2004), *Recent applications of fiber optic sensors to health monitoring in civil engineering*, *Engineering Structures* 26(3), pp. 1647–1657.
- ❖ Mayoral P.C., Gutierrez J., Cano-Perez L.J., Trevino M.V., Velasxo I.B. et al., (2020), *Fiber Optic Sensors for Vital Signs Monitoring. A Review of Its Practicality in the Health Field*, *Biosensors*, 11(2), pp. 1-32.
- ❖ Mitschke F., (2016), *Fiber Optics-Physics and Technology*, Springer.
- ❖ Modell M.D., Perelman L.T., (2006), *Fiber Optics in Medicine*, John Wiley & Sons INC, pp. 301-316.

- ❖ Ndukwe U.A., (2016), Development of Optical Fiber Pressure Sensors for Healthcare Applications, Thesis, The University of Nottingham, UK.
- ❖ Noar S.M., Harrington G.N., (2012), eHealth Applications: Promising Strategies for Behavior Change, Routledge.
- ❖ Poeggel S., Tosi D., Duraibahu D., Leen G., McGrath D., Lewis E., (2015), Optical Fiber Pressure Sensors in Medical Applications, Sensors,15(2), pp. 17115-17148.
- ❖ Rahamathulia P.M., Sha M., (2017), Emerging Trends in E-Health, CreateSpace Independent Publishing Platform.
- ❖ Rickett L.F., (2015), Development and application of fiber-optic sensors in environmental and life sciences, PHD Thesis, Department of Biology Faculty of Science.
- ❖ Rodrigues J., Compte S.S., Diez I., (2016), e-Health Systems: Theory and Technical Applications, ISTE Press - Elsevier.
- ❖ Rongqing H., (2019), Introduction to Fiber-Optic Communications, Academic Press.
- ❖ Saint-Jalm (2014), Sources optiques fibrées solitoniques pour la spectroscopie et la microscopie non linéaires, Thesis, Aix Marseille Université - Institut Fresnel.
- ❖ Sun B., Du Y., Zhang W., Li J., (2019), Optical Fiber Sensing and Structural Health Monitoring Technology, Springer.
- ❖ Wass S., (2017), The Importance of eHealth Innovations, Thesis, Jonkoping University.
- ❖ Wu Z., Zhang J., Noori M., (2018), Fiber-Optic Sensors For Infrastructure Health Monitoring, Momentum Press.
- ❖ Zlatanov N., (2017), Introduction to Fiber Optics Theory, The Optical Fiber Communication Conference and Exhibition.

Διαδικτυακή βιβλιογραφία

- ❖ https://www.photonics.com/Articles/UK_Health_Care_Investment_Includes_Fiber_Optics/a53865
- ❖ <https://www.ofsoptics.com/medical/>
- ❖ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/digital-health-market>