



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΛΙΚΩΝ

**Εφαρμογές καινοτόμων τεχνολογιών με έμφαση στα μη
επανδρωμένα εναέρια μέσα για την κάλυψη των
αναγκών της πανδημίας SARS-COV-2**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ Δ. ΚΑΛΟΣΑΚΑ

Επιβλέπων : Δημήτριος – Διονύσιος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα : Ουρανία Πετροπούλου
ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

Εφαρμογές καινοτόμων τεχνολογιών με έμφαση στα μη επανδρωμένα εναέρια μέσα για την κάλυψη των αναγκών της πανδημίας SARS-COV-2

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ Δ. ΚΑΛΟΣΑΚΑ

Επιβλέπων : Δημήτριος – Διονύσιος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεπιβλέπουσα : Ουρανία Πετροπούλου
ΕΔΙΠ Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 19^η Ιανουαρίου 2022.

.....
Δ.- Δ. Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γ. Ματσόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Π. Τσανάκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2021



.....
ΕΥΦΡΟΣΥΝΗ ΚΑΛΟΣΑΚΑ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ευφροσύνη Δ. Καλόσακα, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται στον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιαστεί μια συγκεντρωμένη ανασκόπηση των πιο πρόσφατων ερευνών σχετικά με τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της υγείας και της περίθαλψης, που είχαν ως έναυσμα την πανδημία SARS-COV-2. Η πανδημία έχει φέρει πολλές αλλαγές στα συστήματα υγείας, στη βιομηχανία, στην οικονομία και στον τρόπο ζωής σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κάλυψη των αναγκών που έχουν δημιουργηθεί ενόψει της νέας πραγματικότητας έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον και αποτελεί πρόκληση για οργανισμούς και ερευνητές από κάθε γωνιά του κόσμου. Η ανεύρεση νέων τρόπων αξιοποίησης των ήδη υπαρχουσών τεχνολογιών για άλλες εφαρμογές, η βελτίωση των υπαρχουσών μεθόδων αλλά και η ανάπτυξη καινούργιων τεχνολογιών και συστημάτων βρίσκεται στο επιστημονικό προσκήνιο. Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αναλύθηκαν μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα μεταξύ του Δεκεμβρίου 2019 και του Σεπτεμβρίου 2021, οι οποίες αφορούν τεχνολογίες και συστήματα που στοχεύουν στην αντιμετώπιση των προβλημάτων που έχουν προκύψει από την πανδημία. Δίνεται έμφαση στις έρευνες που εμπεριέχουν εφαρμογές με χρήση μη επανδρωμένων εναέριων μέσων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Ενώ στο τέλος αξιολογείται η δυνατότητα επέκτασης αυτών των τεχνολογιών και σε εφαρμογές υγείας εκτός του πλαισίου της πανδημίας.

Λέξεις Κλειδιά: Drones, UAVs, IoMT and Covid-19, UAV and healthcare, drones and Covid-19 surveillance, Covid-19 and economy, UAVs and medical supply, drones for medical purposes

Abstract

The aim of this diploma thesis is to present a comprehensive overview of the latest research on technological developments in the field of healthcare, which triggered the SARS-COV-2 pandemic. The pandemic has brought many changes to health systems, industry, economy and lifestyles worldwide. Meeting the needs that have been created in view of the new reality has aroused interest and has become a challenge for organizations and researchers from all over the world. Finding new ways to take advantage of existing technologies for other applications, improving existing methods and developing completely new technologies and systems are at the forefront of science. In the context of the present work, studies carried out between December 2019 and September 2021 were analyzed, which concern technologies and systems that aim to address the problems that have arisen from the pandemic. Emphasis is placed on research involving applications using unmanned aerial vehicles in the field of healthcare. While in the end of the study, the possibility of extending these technologies to other health applications, outside the pandemic, is evaluated.

Keywords: Drones, UAVs, IoMT and Covid-19, UAV and healthcare, drones and Covid-19 surveillance, Covid-19 and economy, UAVs and medical supply, drones for medical purposes

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία δεν πραγματοποιήθηκε με φυσική παρουσία στο Εργαστήριο Βιοϊατρικής Τεχνολογίας της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, λόγω των δύσκολων συνθηκών που επικρατούν κατά τη διάρκεια της πανδημίας της νόσου Covid-19, με αποτέλεσμα να γίνει εξ ολοκλήρου εξ αποστάσεως.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπον καθηγητή Δρ. Δ. Κουτσούρη, που με βοήθησε στην επιλογή του συγκεκριμένου θέματος και με καθοδηγούσε κατά την διάρκεια συγγραφής αυτής της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου, την αδερφή μου, και τις φίλες μου για τη στήριξη και τη συμπαράσταση τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και που δεν σταμάτησαν να πιστεύουν σε μένα, καθώς και τους συμφοιτητές μου που υπήρξαν φίλοι και συνοδοιπόροι μου.

Αθήνα, Νοέμβριος 2021

Καλόσακα Ευφροσύνη

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ	12
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	13
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	13
Κεφάλαιο 1 ^ο : Πανδημία SARS-CoV-2 (COVID-19).....	14
1.1 Οι ιδιότητες του ιού και η εξάπλωσή του	14
1.2 Επίδραση σε τομείς ενδιαφέροντος.....	15
1.2.1 Παγκόσμια βιομηχανία.....	15
1.2.2 Οικονομία στον τομέα της υγείας.....	16
1.2.3 Σύστημα υγειονομικής περίθαλψης	19
Κεφάλαιο 2 ^ο : Ανασκόπηση των τεχνολογικών εξελίξεων που είχαν ως έναυσμα την πανδημία	21
2.1 Internet of Medical Things – IoMT	21
2.2 Τεχνητή Νοημοσύνη.....	23
2.2.1 Παρακολούθηση ασθενειών	23
2.2.2 Πρόληψη κινδύνου.....	24
2.2.3 Ιατρική διάγνωση και παρακολούθηση	25
2.2.4 Διαδικασία εύρεσης θεραπείας.....	26
2.2.5 Μοντελοποίηση και ανάλυση ιού.....	27
2.3 Big Data.....	27
2.4 Blockchain.....	28
2.4.1 Civitas App.....	30
2.4.2 MiPasa Platform	31
2.5 Robots	31
2.6 Φορετές Συσκευές (Wearables).....	32
2.6.1 WHOOP-Strap 3.0	33
2.6.2 Contact Tracing Wearable από την Estimote.....	34

2.6.3 Έμπλαστρο LifeSignals Biosensor.....	35
2.6.4 Loop Signal από την Spry Health.....	36
2.7 Mobile apps.....	37
2.7.1 Συστήματα καταγραφής γεωγραφικών πληροφοριών.....	38
2.7.2 Ανίχνευση επαφών με χρήση τεχνολογίας Bluetooth.....	38
2.7.3 Ανίχνευση επαφών με χρήση τεχνολογίας GPS.....	40
2.7.4 Ανίχνευση συμπτωμάτων COVID-19 από δείγματα φωνής.....	41
2.8 Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα επόμενης γενιάς - 5G.....	41
2.8.1 Τηλεϊατρική.....	42
2.8.2 Ιατρική απεικόνιση.....	43
2.8.3 Θερμική εικόνα.....	43
2.9 Autonomous vehicles (AV's).....	44
2.10 Προκλήσεις.....	45
Κεφάλαιο 3 ^ο : Ενσωμάτωση των drones στον τομέα της υγείας.....	48
3.1 Εισαγωγή.....	48
3.1.1 Ιστορική αναδρομή σε παρόμοιες τεχνολογίες/στην χρήση drones.....	48
3.1.2 Τεχνολογία των drones.....	51
3.2 Μεθοδολογία έρευνας.....	55
3.2.1 Στόχος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης.....	55
3.2.2 Ερευνητικά ερωτήματα.....	56
3.2.3 Πηγές δεδομένων.....	56
3.2.4 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	57
3.2.5 Ανάλυση δεδομένων.....	57
3.3 Εφαρμογές με drones στην αντιμετώπιση της COVID-19.....	58
3.3.1 Παρακολούθηση και έλεγχος.....	58
3.3.2 Δημόσιες Ανακοινώσεις.....	60
3.3.3 Μαζικός έλεγχος συμπτωμάτων και θερμομετρήσεις.....	61

3.3.4 Απολυμάνσεις.....	62
3.3.5 Διανομή και προμήθεια ιατρικών αγαθών και φαρμάκων	64
3.3.6 Απομακρυσμένη επίβλεψη ασθενών	67
3.3.7 Μείωση κινδύνου μόλυνσης ιατρικού προσωπικού.....	69
3.3.8 Εφαρμογή με drones στην Ελλάδα	73
3.4 Επέκταση της χρήσης των drones για άλλους ιατρικούς σκοπούς.....	75
3.4.1 Επείγουσα ιατρική περίθαλψη σε περίπτωση καθυστέρησης ασθενοφόρου.....	75
3.4.2 Παράδοση απινιδωτή με drone – Εφαρμογή Good Sam.....	76
3.4.3 Επείγουσα ιατρική περίθαλψη σε χώρους συνωστισμού	77
3.4.4 Καθαρισμός αέρα με drone για τον έλεγχο των ατμοσφαιρικών ρύπων	80
3.5 Επέκταση χρήσης drone για ενιαίο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης.....	81
3.6 Περιορισμοί της χρήσης των drones στη Βιομηχανία της Υγείας.....	83
3.6.1 Νομικό πλαίσιο	83
3.6.2 Τεχνολογικοί περιορισμοί και ασφάλεια χρήσης	84
3.6.3 Κυβερνοασφάλεια και προστασία των προσωπικών δεδομένων.....	89
3.6.3.1 Είδη-τύποι ασύρματων επιθέσεων	90
3.6.3.2 Τεχνολογία blockchain στην κυβερνοασφάλεια.....	93
3.6.4 Οικονομικοί παράγοντες.....	96
3.6.5 Εργατικό δυναμικό και εκπαίδευση	97
3.6.6 Αξιοπιστία	97
3.7 Προκλήσεις για την ενσωμάτωση των drones στον τομέα της υγείας.....	98
Κεφάλαιο 4 ^ο : Σύνοψη και συμπεράσματα ανασκόπησης	99
4.1 Αξιολόγηση της δυνατότητας ενσωμάτωσης των drones στον τομέα της υγείας	99
4.1.1 Αναγκαίες προϋποθέσεις για την ενσωμάτωση των drones.....	99
4.1.2 Αξιολόγηση της αναγκαιότητας και του οφέλους.....	101
4.2 Προτάσεις για μελλοντική επέκταση τεχνολογιών στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης	103

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 : Οι 3 παραλλαγές της συσκευής Contact Tracing Wearable από την Estimote (www.estimote.com).....	34
Εικόνα 2 : Έμπλαστρο Biosensor Patch 1AX από την LifeSignals (www.lifesignals.com)....	35
Εικόνα 3 : Συσκευή Loop Signal από την Spry Health (www.spryhealth.com).....	36
Εικόνα 4 : Multicopter drone με 8 ρότορες [8].....	53
Εικόνα 5 : Fixed-wing drone [8].....	54
Εικόνα 6 : Single rotor helicopter [8].....	54
Εικόνα 7 : Fixed-wing hybrid VTOL [8].....	55
Εικόνα 8 : Drone παρακολούθησης και ελέγχου πλήθους [6]	59
Εικόνα 9 : Drone για την πραγματοποίηση δημόσιων ανακοινώσεων [6].....	60
Εικόνα 10 : Drone με αισθητήρες θερμικής απεικόνισης για μαζικές θερμομετρήσεις [6].....	62
Εικόνα 11 : Drone σχεδιασμένο για απολυμάνσεις [6].....	63
Εικόνα 12 : Drone για απολύμανση δρόμων και μεταφορά φαρμάκων [14].....	64
Εικόνα 13 : Ιατρικό drone σχεδιασμένο για την παράδοση ιατρικών αγαθών [6].....	65
Εικόνα 14 : Κτήριο νοσοκομείου για επιθεώρηση με drone (3D όψη) [16]	68
Εικόνα 15 : Μοντέλο προσομοιωτή AnyLogic για επιθεώρηση ασθενών με COVID-19 και απολύμανση [16]	68
Εικόνα 16 : Atlas 4 drone, φωτογραφία από www.ertnews.gr.....	74
Εικόνα 17 : Atlas 4 drone σε πτήση, φωτογραφία από www.ertnews.gr	74
Εικόνα 18 : Δοκιμαστικά drones του MDS [1].....	80
Εικόνα 19 : Drone ψεκασμού χημικών στο περιβάλλον για τον έλεγχο των ατμοσφαιρικών ρύπων [18].....	81
Εικόνα 20 : (A – B) Πλάγια διατομή τετρακόπτερου drone με δέμα και κλουβί. (C– D) Κάτοψη του τετρακόπτερου χωρίς το δέμα. (A, C) Ασφαλής λειτουργία: βραχίονες μέσα στο κλουβί για απογείωση και προσγείωση. (B, D) Αναπτυγμένη λειτουργία για πτήση: βραχίονες αναπτύσσονται έξω από το κλουβί. [19].....	85
Εικόνα 21 : Η γεωμετρία του πτερυγίου μοντελοποιημένη με χρήση SOLIDWORKS [17]..	86

Εικόνα 22 : Ευέλικτος σχεδιασμός πτερυγίων με ενισχυμένη σύνθετη στην μπροστινή άκρη και κύρια επιφάνεια μεμβράνης λατέξ [17]..... 87

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1 : Αρχιτεκτονική DLT βασισμένη σε blockchain για διαχείριση του αντικτύπου της COVID-19 [6].....	30
Σχήμα 2 : Εφαρμογές εντοπισμού κοινωνικών επαφών για τον COVID-19 [6].....	37
Σχήμα 3 : Πλατφόρμα παρακολούθησης επιδημιών βασισμένη στο 5g δίκτυο [6].....	42
Σχήμα 4 : Πρώτο στρώμα DBCMS [3].....	70
Σχήμα 5 : Δεύτερο στρώμα DBCMS [3].....	71
Σχήμα 6 : Τρίτο στρώμα DBCMS [3].....	71
Σχήμα 7 : Διάγραμμα ροής του συστήματος διαχείρισης επειγόντων ιατρικών περιστατικών, όπως προτάθηκε από το [8].....	76
Σχήμα 8 : Διάγραμμα για το MDS που προτάθηκε από το [1].....	78
Σχήμα 9 : Αρχιτεκτονική για παρακολούθηση, έλεγχο και ανάλυση COVID-19 σε έξυπνο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης βασισμένο σε drone [16].....	82
Σχήμα 10 : Stepping-stone επίθεση με πολλαπλά UAV [22].....	91
Σχήμα 11 : Επίθεση με drone-in-the-middle [22].....	91
Σχήμα 12 : Επίθεση UAV υποβοηθούμενη από cloud [22].....	92
Σχήμα 13: Μοντέλο συστήματος VAHAK [21].....	95
Σχήμα 14 : Αρχιτεκτονική συστήματος VAHAK [21].....	96

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 : Οι βιομηχανίες που επλήγησαν από την πανδημία COVID-19 [6]..... 17

Κεφάλαιο 1^ο: Πανδημία SARS-CoV-2 (COVID-19)

Σύμφωνα με τον Εθνικό Οργανισμό Δημόσιας Υγείας¹, στην πόλη Wuhan, της επαρχίας Hubei, στην Κίνα, εμφανίστηκε συρροή κρουσμάτων πνευμονίας τον Δεκέμβριο του 2019. Στις 9 Ιανουαρίου 2020 οι υγειονομικές αρχές της Κίνας ανακοίνωσαν ότι πρόκειται για νέο στέλεχος κορωνοϊού (2019-nCoV). Τον Μάρτιο του 2020 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization - WHO)² κήρυξε παγκόσμια κατάσταση έκτακτης ανάγκης για την υγεία λόγω της μεταδοτικής αυτής ασθένειας. Οι κορωνοϊοί είναι μία ομάδα ιών που συνήθως προκαλούν αναπνευστικές λοιμώξεις με ποικίλη σοβαρότητα στον άνθρωπο και στα ζώα. Εκτιμάται ότι περίπου το ένα τρίτο των λοιμώξεων ανώτερου αναπνευστικού στον άνθρωπο μπορεί να προκαλείται από κορωνοϊούς. Πρόκειται για μια πολύ μολυσματική ασθένεια που προσβάλλει το αναπνευστικό σύστημα και μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε άλλα όργανα και να οδηγήσει σε θάνατο. [1]

Σύμφωνα με τον WHO, η νόσος του κοροναϊού (COronaVIrus Disease - COVID-19) είναι μια μολυσματική ασθένεια που προκαλείται από τον ιό SARS-CoV-2. Οι περισσότεροι άνθρωποι που έχουν μολυνθεί από τον ιό θα εμφανίσουν ήπια έως μέτρια αναπνευστική νόσο και θα αναρρώσουν χωρίς να απαιτούν ειδική θεραπεία. Ωστόσο, ορισμένοι θα αρρωστήσουν σοβαρά και θα χρειαστούν ιατρική φροντίδα. Οι ηλικιωμένοι και εκείνοι με υποκείμενες ιατρικές παθήσεις όπως καρδιαγγειακή νόσο, διαβήτης, χρόνια αναπνευστική νόσο ή καρκίνο είναι πιο πιθανό να αναπτύξουν σοβαρή ασθένεια. Οποιοσδήποτε μπορεί να αρρωστήσει με COVID-19 και να νοσήσει σοβαρά ή να πεθάνει σε οποιαδήποτε ηλικία. Ο καλύτερος τρόπος πρόληψης και επιβράδυνσης της μετάδοσης είναι η καλή ενημέρωση για τη νόσο και τον τρόπο μετάδοσης του ιού. Τα μέτρα προστασίας που προτείνονται από τον WHO είναι ο εμβολιασμός, η διατήρηση τουλάχιστον 1 μέτρου απόστασης μεταξύ των ατόμων, φορώντας μια σωστά τοποθετημένη μάσκα και πλένοντας τα χέρια ή χρησιμοποιώντας συχνά αντισηπτικό με βάση το αλκοόλ. Ο ιός μπορεί να εξαπλωθεί από το στόμα ή τη μύτη ενός μολυσμένου ατόμου σε μικρά σωματίδια υγρού όταν βήχει, φτερνίζεται, μιλάει, τραγουδάει ή αναπνέει. Αυτά τα σωματίδια κυμαίνονται από μεγαλύτερα αναπνευστικά σταγονίδια έως μικρότερα αερολύματα.

1.1 Οι ιδιότητες του ιού και η εξάπλωσή του

Γενικά, μια πανδημία επηρεάζει την υγεία, την οικονομία και τις συνθήκες διαβίωσης της κοινωνίας. Το κύριο πρόβλημα με τον Covid-19 είναι η ταχεία εξάπλωσή του. Ζούμε μια άνευ

¹ <https://eody.gov.gr/>

² <https://www.who.int/>

προηγούμενου κρίση με την ταχεία εξάπλωση της νέας νόσου του κοροναϊού παγκοσμίως μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η έγκαιρη διαθεσιμότητα χιλιάδων γονιδιωμάτων SARS-CoV-2 επέτρεψε στην επιστημονική κοινότητα να μελετήσει την προέλευση, τις δομές και την παθογένεια του ιού. Επειδή η ανάπτυξη νέων φαρμάκων είναι χρονοβόρα, πολλές στρατηγικές, συμπεριλαμβανομένης της αλλαγής χρήσης και της επανατοποθέτησης φαρμάκων, δοκιμάζονται για τη θεραπεία ασθενών με COVID-19. Οι ερευνητές έχουν αναπτύξει πολλά πιθανά υποψήφια εμβόλια που βρίσκονται σε δοκιμές φάσης II και III. Από τις 12 Νοεμβρίου 2020, 164 υποψήφια εμβόλια βρίσκονται σε προκλινική αξιολόγηση και 48 εμβόλια βρίσκονται σε κλινική αξιολόγηση, εκ των οποίων τα τέσσερα έχουν ξεκινήσει δοκιμές φάσης III (το BNT162b2 της Pfizer/Bio-NTech, το mRNA-1273 της Moderna, το AZD1222 των University of Oxford και AstraZeneca, και τέλος το Sputnik V της Gamaleya). [2]

Η ασθένεια έχει κατηγοριοποιηθεί σε τέσσερα στάδια. Το πρώτο στάδιο ονομάζεται εισαγόμενο στάδιο στο οποίο όλα τα θετικά κρούσματα για τον Covid-19 έχουν κάποιο ιστορικό ταξιδιού μετάβασης σε χώρα που έχει πληγεί από τον Covid-19. Το δεύτερο στάδιο είναι γνωστό ως το στάδιο τοπικής μετάδοσης κατά το οποίο το άτομο που έχει ιστορικό ταξιδιού έρχεται σε επαφή με άλλα άτομα και μεταφέρει τη μόλυνση σε αυτούς. Το τρίτο στάδιο είναι γνωστό ως φάση κοινοτικής μετάδοσης. Σε αυτό το στάδιο, η πηγή μετάδοσης δεν ανιχνεύεται καθόλου. Στην περίπτωση αυτή, οι ασθενείς δεν έχουν ιστορικό ταξιδιού και δεν έχουν καν επαφή με τον ασθενή με Covid-19. Το τελευταίο στάδιο είναι το στάδιο της επιδημίας. Σε αυτό το στάδιο, η ασθένεια δεν έχει ξεκάθαρο τέλος, και δεν υπάρχει άλλη επιλογή, παρά να περιμένουμε το τέλος της. [3]

1.2 Επίδραση σε τομείς ενδιαφέροντος

1.2.1 Παγκόσμια βιομηχανία

Ο Covid-19 έχει επηρεάσει την παγκόσμια οικονομία με αρνητικό αλλά και με θετικό αντίκτυπο σε διαφορετικούς τύπους βιομηχανιών. Αρνητικός αντίκτυπος έχει παρατηρηθεί στους ακόλουθους κλάδους: κλωστοϋφαντουργίας, αεροπορίας, ταξιδιωτικού τουρισμού και φιλοξενίας, κατασκευών, ακινήτων κ.λπ.. Θετικός αντίκτυπος έχει παρατηρηθεί στις ψηφιακές υπηρεσίες, την υγειονομική περίθαλψη, την εκπαίδευση, τις τηλεπικοινωνίες, τις υπηρεσίες διαδικτύου κ.λπ.. Λόγω της πανδημίας του COVID-19, τομείς όπως η εκπαίδευση εξαρτώνται από τις διαδικτυακές υπηρεσίες που χρησιμοποιούν εργαλεία ICT (Information Communication Technology). Ταυτόχρονα, χρειάζεται επίσης ασφάλεια για τους χρήστες του διαδικτύου, καθώς τα άτομα κλήθηκαν να χρησιμοποιούν περισσότερες υπηρεσίες διαδικτύου και για τις καθημερινές τους ανάγκες. Οι διαδικτυακές πληρωμές έχουν επίσης αυξηθεί κατά τη διάρκεια της πανδημίας. [4]

Ο περιορισμός που προκαλείται από την απαγόρευση κυκλοφορίας (lockdown) έχει δημιουργήσει νέες ανάγκες: την εξάσκηση στο σπίτι και την αντιμετώπιση της ψυχολογικής ευεξίας. Μέσω ορισμένων εφαρμογών και εργαλείων ICT, οι πελάτες έχουν την επιλογή να χαλαρώσουν και να κοινωνικοποιηθούν. Επίσης, για να αποφύγουν άσκοπες κλινικές επισκέψεις, οι ασθενείς έχουν παροτρυνθεί να χρησιμοποιούν διαδικτυακές υπηρεσίες για διάγνωση και κλινικές θεραπείες. Ακόμη καθιερώθηκε σε πολλούς κλάδους η τηλεργασία, καθώς οι οργανισμοί χρειαζόταν να διαθέσουν πόρους σε πραγματοποίηση τηλεδιασκέψεων, ώστε να μπορούν να συνεχίσουν να εργάζονται με επιδεξιότητα. Επίσης, οι επιχειρηματικοί οργανισμοί και οι πελάτες έχουν κατανοήσει ότι οι αγοροπωλησίες μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω εφαρμογών με την ίδια αποτελεσματικότητα. Οι αγορές μέσω ιστού αντιμετωπίζουν μια εξαιρετική εξέλιξη, παράδειγμα αποτελεί το Amazon, οι οργανισμοί τροφοδοσίας/εστίασης και οι κοντινές εφαρμογές μεταφοράς (π.χ. UberEats, Instashop).[4]

1.2.2 Οικονομία στον τομέα της υγείας

Η ταραχή που έχει προκαλέσει η πανδημία COVID-19 έχει καταστήσει αναγκαία την αναζήτηση ικανών και προηγμένων τεχνολογικών λύσεων για την καταπολέμησή της (και άλλων επιδημιών και πανδημιών στο μέλλον). Οι αυξημένες απαιτήσεις των εγκαταστάσεων εντατικής θεραπείας έχουν καταρρίψει τα καλύτερα μοντέλα υγειονομικής περίθαλψης στον κόσμο. Οι καλύτερες βιομηχανίες απέτυχαν να παράσχουν ακόμη και τις απλές προστατευτικές στολές. Υπάρχει ανάγκη να ξανασκεφτούμε γιατί ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης ήταν τόσο αναποτελεσματικός στη θεραπεία μιας τέτοιας μολυσματικής νόσου. Κρίνεται αναγκαίο να υιοθετηθούν επείγοντως οι αναδυόμενες τεχνολογίες σε παγκόσμιο επίπεδο και οι κυβερνήσεις πρέπει να επανεπενδύσουν πόρους για να δημιουργήσουν υγιή έθνη και όχι ισχυρά έθνη. Σήμερα, η μεγαλύτερη ανάγκη είναι να υπάρξουν σημαντικά περισσότερες επενδύσεις στην υγειονομική περίθαλψη, ειδικά στην προληπτική ιατρική, την υγεία της κοινότητας και τη διαχείριση καταστροφών. Η Νότια Κορέα, η Ιαπωνία, η Κίνα, οι ΗΠΑ και πολλές άλλες ανεπτυγμένες χώρες προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες (οι οποίες παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες) για να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις αυτής της πανδημίας και να μειώσουν τις ανθρώπινες απώλειες, αλλά και τις απώλειες στην οικονομία.[5]

Στην αρχή της πανδημίας, η πλειονότητα των κυβερνήσεων απέτυχε να κρίνει το μέγεθος του προβλήματος και δεν μπόρεσε να προετοιμαστεί έγκαιρα. Έτσι, έχασαν την ευκαιρία να προσθέσουν περισσότερους πόρους και να αναπτύξουν τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες έγκαιρα. Τέτοιες τεχνολογίες αφορούν τον έλεγχο πληθυσμού, την παρακολούθηση λοιμώξεων, την ανάπτυξη εμβολίων, αποτελεσματική καραντίνα, κλπ., δίνοντας προτεραιότητα στη χρήση και κατανομή των

πόρων και σχεδιάζοντας στοχευμένες απαντήσεις. Οι τεχνολογίες νέας γενιάς έχουν τεράστια πλεονεκτήματα και αποτελούν τα δομικά στοιχεία για το Industry 4.0, γνωστό και ως 4^η βιομηχανική επανάσταση. Ο ιατρικός κόσμος πρέπει να προετοιμαστεί για να υιοθετήσει αυτές τις αναδυόμενες και πολλά υποσχόμενες στρατηγικές και να εφαρμόσει το Medicine 4.0. [5]

Λόγω της έλλειψης συγκεκριμένης στρατηγικής θεραπείας, η τήρηση κοινωνικών αποστάσεων και η επιβολή τοπικών/ολικών εγκλεισμών (lockdown) έχει αναγνωριστεί ως η καλύτερη δυνατή αμυντική στρατηγική κατά της πανδημίας COVID-19 τη στιγμή που γράφεται αυτό το άρθρο. Η στρατηγική αυτή έχει σημειώσει τεράστιο πλήγμα στην παγκόσμια οικονομία. Όλες οι μη βασικές υπηρεσίες αναγκάστηκαν να κλείσουν, προκαλώντας ουσιαστικά όλους τους βιομηχανικούς τομείς να αντιμετωπίσουν σημαντικές διαταραχές στην εφοδιαστική αλυσίδα και, κατά συνέπεια, θέτοντας δισεκατομμύρια ανθρώπους σε κίνδυνο να χάσουν τη δουλειά τους. Επιπλέον, το γρήγορο ξέσπασμα του COVID-19 ανάγκασε τις κυβερνήσεις να περιορίσουν το εμπόριο της πλειονότητας των αγαθών πέρα από τα σύνορα των χωρών, αφήνοντας τις διεθνείς εμπορικές ροές στα πρόθυρα της κατάρρευσης. [6]

Στον Πίνακα 1 φαίνονται συνοπτικά οι ορισμένοι τομείς που επηρεάστηκαν σε οικονομικό επίπεδο λόγω της πανδημίας, Ενώ στην συνέχεια παρουσιάζεται ο οικονομικός αντίκτυπος της πανδημίας σε αυτές τις βιομηχανίες.

Πίνακας 1 : Οι βιομηχανίες που επλήγησαν από την πανδημία COVID-19 [6]

Βιομηχανία	Παράγοντες κινδύνου		
Αυτοκινητοβιομηχανία	Ξαφνική πτώση των πωλήσεων	Κλειστά εργοστάσια αυτοκινήτων	Απότομη πτώση των τιμών των μετοχών
Αεροπορική βιομηχανία	Υψηλά ποσοστά ακύρωσης	Μειωμένα έσοδα	Αυξημένα χρέη
Τουριστική βιομηχανία	Μείωση στις διεθνείς τουριστικές εισπράξεις	Μείωση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών	Υψηλά ποσοστά ακύρωσης
Βιομηχανία πετρελαίου	Κατάρρευση των τιμών του πετρελαίου	Ανισορροπία ζήτησης και προσφοράς	Περιορισμοί ταξιδιών
Βιομηχανία τροφίμων	Κυβερνητικές κατευθυντήριες γραμμές	Αστάθεια στη ζήτηση και προσφορά τροφίμων	Πιθανές διακοπές της εφοδιαστικής αλυσίδας
Βιομηχανία τηλεπικοινωνιών	Κυκλοφοριακή συμφόρηση	Μείωση εργατικού δυναμικού	Αξιοπιστία δικτύου

i. Αυτοκινητοβιομηχανία

Η αυτοκινητοβιομηχανία έχει δει μεγάλες διαταραχές στην παραγωγή λόγω των αυστηρών μέτρων περιορισμού που επιβλήθηκαν σε πολλές χώρες παγκοσμίως ως προσπάθεια περιορισμού της πανδημίας. Καθώς επιβάλλεται η κοινωνική απόσταση και οι άνθρωποι καλούνται να μείνουν στα σπίτια τους, η χρήση αυτοκινήτων, συμπεριλαμβανομένων τόσο των δημόσιων όσο και των ιδιωτικών συγκοινωνιών, έχει μειωθεί σε όλο τον κόσμο. [6]

ii. Αεροπορική βιομηχανία

Η πανδημία COVID-19 είχε τεράστιο αντίκτυπο στην αεροπορική βιομηχανία. Οι πληγείσες χώρες, που περιλαμβάνουν σχεδόν όλα τα έθνη, αναγκάστηκαν να επιβάλουν ταξιδιωτικές απαγορεύσεις τόσο στις διεθνείς όσο και στις εσωτερικές επιβατικές πτήσεις. Κατά το πρώτο στάδιο αντιμετώπισης της πανδημίας, οι μόνοι ενεργοί αεραγωγοί περιλάμβαναν κρίσιμες διαδρομές ανεφοδιασμού που υποστηρίζουν φορτηγά και εμπορευματικά αεροσκάφη. [6]

iii. Τουριστική βιομηχανία

Η τουριστική βιομηχανία ήταν ένας από τους κλάδους που επλήγησαν περισσότερο μετά το ξέσπασμα του COVID-19. Τα έσοδα από τον τουριστικό τομέα αντιπροσωπεύουν το 10% του παγκόσμιου ΑΕΠ. Ως εκ τούτου, οποιαδήποτε αντιξοότητα αντιμετωπίζει ο τουριστικός τομέας έχει τη δυνατότητα να πλήξει σοβαρά την παγκόσμια οικονομία. [6]

iv. Βιομηχανία πετρελαίου

Το κλείσιμο διεθνών και εγχώριων επιβατικών αεροσκαφών σε όλο τον κόσμο είχε ως αποτέλεσμα τη δραστική μείωση της κατανάλωσης αεροπορικών καυσίμων. Ομοίως, στο έδαφος, όλη η μη βασική κίνηση παραμένει σε αδιέξοδο, προκαλώντας απότομη πτώση της παγκόσμιας ζήτησης πετρελαίου. [6]

v. Βιομηχανία τροφίμων

Σε σύγκριση με άλλους τομείς, ο αντίκτυπος της πανδημίας COVID-19 δεν ήταν τόσο σοβαρός στη βιομηχανία τροφίμων. Η αναγνώριση των τροφίμων ως βασικού εμπορεύματος επέτρεψε στις αλυσίδες εφοδιασμού που σχετίζονται με τα τρόφιμα να παραμείνουν λειτουργικές. Στην πραγματικότητα, σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας και τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ), η ζήτηση για συσκευασμένα τρόφιμα έχει αυξηθεί σημαντικά τους μήνες μετά το ξέσπασμα του COVID-19. Ωστόσο, αυτό δεν φτάνει στο σημείο να πούμε ότι ο κλάδος δεν έχει επηρεαστεί καθόλου. Ενώ οι αλυσίδες εφοδιασμού για βασικά

είδη διατροφής διατηρούνται ανοιχτές, τα εστιατόρια, οι καφετέριες και άλλοι πάροχοι τροφίμων πολυτελείας αναγκάστηκαν να κλείσουν. Επιπλέον, αρκετοί ιδιοκτήτες παντοπωλείων και σούπερ μάρκετ συχνά βρίσκουν τον εαυτό τους ανίκανο να ανταποκριθεί στις αυξανόμενες απαιτήσεις λόγω των «αγορών πανικού» και της αποθήκευσης προμηθειών τροφίμων. [6]

vi. Βιομηχανία τηλεπικοινωνιών

Ο αντίκτυπος της πανδημίας COVID-19 στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών ήταν σποραδικός. Διάφοροι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και πάροχοι υπηρεσιών Διαδικτύου έχουν αναφέρει ότι παρατηρείται τεράστια αύξηση της επισκεψιμότητας. Η μεγάλη κατανάλωση εύρους ζώνης δικτύου έχει αποδοθεί στις προσπάθειες για αποκλεισμό από τις κυβερνήσεις, οι οποίες ανάγκασαν τα εκπαιδευτικά ιδρύματα να χρησιμοποιούν διαδικτυακές πλατφόρμες διδασκαλίας και τις εταιρείες να επιτρέπουν στους υπαλλήλους τους να εργάζονται από το σπίτι. [6]

1.2.3 Σύστημα υγειονομικής περίθαλψης

Η πανδημία COVID-19 είχε επίσης καταστροφικές επιπτώσεις στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης σε όλο τον κόσμο. Ενώ οι περισσότεροι βιομηχανικοί κλάδοι έχουν πληγεί οικονομικά λόγω της αδράνειας που προκαλείται ως αποτέλεσμα των μέτρων καραντίνας και των ταξιδιωτικών απαγορεύσεων, αυτό που βλέπει ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης απέχει πολύ από τη στασιμότητα. Τα νοσοκομεία σε όλο τον κόσμο αντιμετωπίζουν αυτήν τη στιγμή έλλειψη αναπνευστήρων, μονάδων εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ) και ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού που απαιτείται για τη διαχείριση των ασθενών με COVID-19. Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης ακόμη και των πιο ανεπτυγμένων χωρών στον κόσμο βρίσκονται στο χείλος της κατάρρευσης λόγω του εκθετικά αυξανόμενου αριθμού ασθενών με COVID-19. [6]

Στις περιπτώσεις που το πλήθος ασθενών προς νοσηλευτές είναι δυσανάλογο, το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης δεν μπορεί να εγγυηθεί την επαρκή φροντίδα των ασθενών. Το ίδιο συμβαίνει και σε περιπτώσεις έλλειψης επαρκών πόρων (όπως για παράδειγμα ανεπαρκής αριθμός κλινών ΜΕΘ). Αυτό το ζήτημα επισημάνθηκε περαιτέρω από την πανδημία του COVID-19, καθώς δέχθηκαν μεγάλη πίεση τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης στις περιοχές μεγάλης έξαρσης. Αν και αυτή η πανδημία θα καθορίζει τη ζωή για πολλά χρόνια με τεράστιες επιπτώσεις, οι κανόνες κοινωνικών αποστάσεων έχουν επιταχύνει την ανάπτυξη τεχνολογιών που επιτρέπουν την παροχή υπηρεσιών από απόσταση. Αυτή η δυνατότητα είναι απαραίτητη στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Παρέχοντας φροντίδα εξ αποστάσεως, είναι δυνατόν να εστιάσει το υγειονομικό

προσωπικό των νοσοκομείων μόνο σε εκείνους που έχουν πραγματικά ανάγκη σε κατ' ιδίαν φροντίδα.
[7]

Η έξαρση νέων τεχνολογιών και συγκεκριμένα το Διαδίκτυο Ιατρικών Πραγμάτων IoMT (το οποίο θα εξεταστεί αναλυτικά στην ενότητα 2.1 *Internet of Medical Things – IoMT*) μπορεί να επιτρέψει τη μείωση των επισκέψεων στα νοσοκομεία, την απομακρυσμένη παρακολούθηση των ασθενών και την αποφυγή μη αναστρέψιμων βλαβών λόγω έλλειψης άμεσης φροντίδας. Η χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών για προμήθεια ιατρικών αγαθών, η παρακολούθηση μέσω βίντεο των ασθενών και η παρακολούθηση της ψυχολογικής κατάστασης των ασθενών είναι περιπτώσεις που δοκιμάστηκαν σε πραγματικές συνθήκες και έλαβαν τα πιο θετικά αποτελέσματα.[7]

Στο Κεφάλαιο 2^ο: *Ανασκόπηση των τεχνολογικών εξελίξεων που είχαν ως έναυσμα την πανδημία*, ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση των διαφόρων τεχνολογικών καινοτομιών που αναπτύχθηκαν με έναυσμα τον COVID-19, στον τομέα της ιατρικής και της υγείας. Ενώ το Κεφάλαιο 3^ο: *Ενσωμάτωση των drones στον τομέα της υγείας*, επικεντρώνεται σε μελέτες και δοκιμές που αφορούν την χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών (drones) στον ίδιο τομέα.

Κεφάλαιο 2^ο: Ανασκόπηση των τεχνολογικών εξελίξεων που είχαν ως έναυσμα την πανδημία

Σύμφωνα με τα προηγούμενα, το ξέσπασμα του COVID-19 πίεσε πολλές κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο, τόσο στην οικονομία και τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, όσο και στην καθιέρωση μιας νέας καθημερινότητας. Δημιουργήθηκαν έτσι πολλές νέες ανάγκες που κέντρισαν το ενδιαφέρον επιστημόνων και ερευνητών. Η χρήση τεχνολογιών, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of things - IoT), η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI), το blockchain, το 5G, και τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (Unmanned Aerial Vehicles - UAVs), μεταξύ άλλων, έχουν βρεθεί στο επίκεντρο των ερευνών σε μια προσπάθεια μείωσης του αντίκτυπου της έξαρσης της πανδημίας και κάλυψης των νέων αναγκών που δημιουργεί. Σύμφωνα με τον WHO, οι ψηφιακές τεχνολογίες μπορούν να διαδραματίσουν ουσιαστικό ρόλο στη βελτίωση της ανταπόκρισης της δημόσιας υγείας στην πανδημία. Στις ακόλουθες ενότητες, διερευνούμε τις εφαρμογές και την αποτελεσματικότητα των προαναφερθεισών τεχνολογιών για τον μετριασμό των καταστροφικών επιπτώσεων της πανδημίας COVID-19.

2.1 Internet of Medical Things – IoMT

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων, Internet of Things (IoT), είναι ένα σύστημα αλληλένδετων υπολογιστικών συσκευών, μηχανικών και ψηφιακών μηχανών, αντικειμένων, ζώων ή ανθρώπων που διαθέτουν μοναδικά αναγνωριστικά και δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων μέσω δικτύου χωρίς να απαιτείται η αλληλεπίδραση ανθρώπου με άνθρωπο ή ανθρώπου με υπολογιστή[8]. Η αγορά IoT αναμένεται να αυξηθεί από 212 δισεκατομμύρια δολάρια το 2019 σε 1,6 τρισεκατομμύρια δολάρια έως το 2025[9]. Το Διαδίκτυο Ιατρικών Πραγμάτων (IoMT) αποτελείται από το σύνολο των ιατρικών συσκευών και εφαρμογών λογισμικού που προσφέρουν εκτεταμένες υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης, οι οποίες συνδέονται με τα συστήματα πληροφορικής υγειονομικής περίθαλψης. Τα τελευταία χρόνια, όπως και το IoT, το IoMT γνώρισε αύξηση του αριθμού των πιθανών εφαρμογών του. Αυτή η αύξηση οφείλεται στο γεγονός ότι ένας αυξανόμενος αριθμός κινητών συσκευών είναι πλέον εξοπλισμένοι με αναγνώστες Near Field Communication (NFC) που επιτρέπουν σε αυτές τις συσκευές να αλληλοεπιδρούν με συστήματα πληροφορικής. Οι εφαρμογές του IoMT περιλαμβάνουν 1) παρακολούθηση ασθενών από απομακρυσμένη τοποθεσία, 2) παρακολούθηση παραγγελιών φαρμάκων και 3) συλλογή και μετάδοση πληροφοριών για την υγεία στους ενδιαφερόμενους επαγγελματίες υγείας.[6]

Λόγω της ικανότητας των κινητών συσκευών να συλλέγουν, να αναλύουν και να διαβιβάζουν αποτελεσματικά δεδομένα για την υγεία, ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης έχει συνειδητοποιήσει το δυναμικό μετασχηματισμού των τεχνολογιών IoMT. Εν μέσω της πανδημίας COVID-19, αρκετοί καινοτόμοι, ιατρικοί οργανισμοί και κυβερνητικοί φορείς προσπαθούν να αξιοποιήσουν τα εργαλεία IoMT προκειμένου να μειώσουν το βάρος στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης.

Ένα παράδειγμα τέτοιου εργαλείου είναι και τα έξυπνα θερμοόμετρα (Smart thermometers), που εξυπηρετούν την απομακρυσμένη επίβλεψη ασθενών και τη συλλογή χρήσιμων πληροφοριών για τους επαγγελματίες υγείας. Πριν από οκτώ χρόνια, μια αμερικανική εταιρεία τεχνολογίας υγείας με την επωνυμία Kinsa κυκλοφόρησε θερμοόμετρα συνδεδεμένα στο διαδίκτυο για την παρακολούθηση ασθενών με υψηλό πυρετό. Αυτά τα θερμοόμετρα συνδέονται με μια εφαρμογή για κινητά, η οποία τους επιτρέπει να διαβιβάζουν αμέσως τις αναγνώσεις τους στην εταιρεία. Μόλις ληφθούν, αυτά τα δεδομένα εξομοιώνονται από την Kinsa για τη δημιουργία χαρτών που δείχνουν σε ποιες από τις περιοχές παρατηρείται αύξηση περιπτώσεων υψηλού πυρετού. Παρόλο που αυτά τα θερμοόμετρα αναπτύχθηκαν αρχικά για να παρακολουθούν την κοινή γρύπη, αποδεικνύονται ιδιαίτερα χρήσιμα για τον εντοπισμό των πιθανών κέντρων έξαρσης του COVID-19 σε όλες τις ΗΠΑ. Μετά το ξέσπασμα του COVID-19, η Kinsa Health έχει αναπτύξει περισσότερα από ένα εκατομμύριο έξυπνα θερμοόμετρα σε νοικοκυριά σε διάφορες πόλεις των ΗΠΑ, επιτρέποντας έτσι στις αρχές να εντοπίσουν πιθανά κέντρα έξαρσης της πανδημίας και να λάβουν έγκαιρα μέτρα. Τα τελευταία χρόνια, οι χάρτες της Kinsa έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά ακριβείς στην έγκαιρη πρόβλεψη της εξάπλωσης του ιού σε όλες τις ΗΠΑ, ξεπερνώντας ακόμη και την επίσημη εφαρμογή των Centers for Disease Control and Prevention (CDC) όσον αφορά την ταχύτητα της πρόβλεψης.[6]

Η παρακολούθηση απομακρυσμένων ασθενών ονομάζεται τηλεϊατρική και είναι επίσης γνωστή ως telehealth. Η τηλεϊατρική επιτρέπει στους κλινικούς ιατρούς να αξιολογήσουν, να διαγνώσουν και να θεραπεύσουν ασθενείς χωρίς να χρειάζονται σωματική αλληλεπίδραση μαζί τους. Μετά το ξέσπασμα του εξαιρετικά μεταδοτικού COVID-19, αρκετές πλατφόρμες τεχνολογίας και τηλεϊατρικής IoMT αντιμετώπισαν ταχεία αύξηση. Πρόσφατα, η JD Health, μια πλατφόρμα ηλεκτρονικού εμπορίου για λύσεις υγειονομικής περίθαλψης, ανέφερε ότι παρατηρείται σημαντική αύξηση της ζήτησης για διαδικτυακές διαβουλεύσεις μετά το ξέσπασμα του COVID-19. Στις ΗΠΑ, το Γραφείο Πολιτικών Δικαιωμάτων παρατήθηκε από ορισμένους αυστηρούς κανόνες περί ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης ώστε να επιτρέπουν στους γιατρούς να παρέχουν στους ασθενείς τους απομακρυσμένη ιατρική εμπειρογνωμοσύνη μέσω πλατφορμών τηλε-υγείας. Μετά τις χαλαρώσεις σε αυτούς τους κανονισμούς, μια πολυεθνική εταιρεία τηλεϊατρικής με έδρα το Τέξας, η

Teladoc Health, ανέφερε μια σημαντική αύξηση στη ζήτηση για τις λύσεις τηλεϊατρικής της. Αυτή η αύξηση της ζήτησης ώθησε τις τιμές των μετοχών της να αυξηθούν περισσότερο από 100% σε διάστημα λίγων εβδομάδων.[6]

2.2 Τεχνητή Νοημοσύνη

Από την αρχή της, η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence - AI) έχει αποδειχθεί μια σημαντική τεχνολογική πρόοδος. Εάν χρησιμοποιηθεί σωστά, είναι ένα εξαιρετικά αποτελεσματικό εργαλείο κατά της πανδημίας COVID-19. Στις επόμενες υποενότητες αναφέρονται μερικοί από τους πραγματικούς και πιθανούς τρόπους με τους οποίους η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει τις αρχές στην αποτελεσματική καταπολέμηση της πανδημίας του ιού COVID-19.

2.2.1 Παρακολούθηση ασθενειών

Η έγκαιρη παρακολούθηση και πρόβλεψη ασθενειών, ιδίως εκείνων που χαρακτηρίζονται με αυξημένο ρυθμό μεταδοτικότητας, είναι ζωτικής σημασίας. Αναφέρεται ότι η BlueDot, μια εταιρεία παρακολούθησης υγείας με έδρα το Τορόντο, ήταν επιτυχής στην αναφορά της επιδημίας COVID-19 στις 31 Δεκεμβρίου 2019, δηλαδή εννέα ημέρες πριν από τον WHO. Το μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης της BlueDot χρησιμοποιεί πολλά εργαλεία μηχανικής μάθησης (Machine Learning - ML) και επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing - NLP) προκειμένου να αναζητήσει στοιχεία για αναδυόμενες ασθένειες. Αυτό το μοντέλο επέτρεψε στην BlueDot να παρακολουθεί την εξάπλωση του SARS-CoV-2 και να προβλέπει το ξέσπασμά του πολύ πριν από τους επιδημιολόγους. Ωστόσο, ενώ το μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης ήταν σε θέση να δώσει προβλέψεις σχετικά με το ξέσπασμα της νόσου, η ανθρώπινη ερμηνεία των αποτελεσμάτων του μοντέλου παρέμεινε κεντρική για τη λειτουργία του.[6]

Εκτός από την BlueDot, αρκετοί άλλοι οργανισμοί έχουν υιοθετήσει τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης για να εκτιμήσουν τους κινδύνους που σχετίζονται με αναδυόμενες λοιμώξεις. Για παράδειγμα, μια εταιρεία ανάλυσης κινδύνου που ιδρύθηκε το 2008, η Metabiota, ανέπτυξε μια πλατφόρμα παρακολούθησης επιδημιών που της επιτρέπει να προβλέπει την εξάπλωση ασθενειών. Η Metabiota βασίζει τις προβλέψεις της σε παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά της λοίμωξης, το ποσοστό θνησιμότητας και η διαθεσιμότητα θεραπείας. Άλλες λειτουργίες του «Epidemic Tracker» της Metabiota περιλαμβάνουν την παροχή πληροφοριών και ενημερωμένων στατιστικών για πάνω από 120 νέους παθογόνους οργανισμούς.[6]

Εκτός από αυτές τις προσπάθειες, μερικοί επιστήμονες πρότειναν επίσης τη χρήση τέτοιων τεχνολογιών για τον εντοπισμό δυνητικά θανατηφόρων ζωονοσογόνων ιών πολύ πριν προκαλέσουν

βλάβη στον ανθρώπινο πληθυσμό. Το Global Virome Project (GVP) είναι ένα παράδειγμα μιας τέτοιας προσπάθειας. Το GVP στοχεύει στη δημιουργία μιας γενετικής και οικολογικής βάσης δεδομένων για ιούς σε διάφορα είδη ζώων που είναι ικανά να μολύνουν τον άνθρωπο. Ο μεγάλος όγκος δεδομένων που συλλέγουν για ιούς θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για να διαμορφώσει τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης προκειμένου να προβλέψει ποιοι ζωνοσογενείς ιοί έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν τη μεγαλύτερη βλάβη στο ανθρώπινο είδος. Τέτοιοι μηχανισμοί μπορούν να επιτρέψουν την προληπτική ανάπτυξη εμβολίων, φαρμάκων και προληπτικών μέτρων.[6]

2.2.2 Πρόληψη κινδύνου

Ένας από τους πιθανούς τρόπους εφαρμογής της τεχνητής νοημοσύνης κατά του COVID-19 είναι η πρόβλεψη κινδύνου. Σε γενικές γραμμές, η πρόβλεψη κινδύνου μπορεί να ταξινομηθεί στις ακόλουθες κατηγορίες:

i. Πρόβλεψη κινδύνου μόλυνσης

Τυπικά, ο κίνδυνος μόλυνσης είναι συνάρτηση μεγάλου πλήθους παραγόντων. Αυτοί συμπεριλαμβάνουν την ηλικία, το ιστορικό ταξιδιού, τις συνήθειες υγιεινής, την τρέχουσα κατάσταση της υγείας, τις προϋπάρχουσες καταστάσεις υγείας και το οικογενειακό ιατρικό ιστορικό. Η άμεση μαθηματική μοντελοποίηση τέτοιων παραγόντων συνήθως δεν αποφέρει καρποφόρα αποτελέσματα. Ωστόσο, μια ολοκληρωμένη ανάλυση αυτών των παραγόντων που ενσωματώνεται με τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, μπορεί να προσφέρει μια πιο ακριβή και αξιόπιστη πρόβλεψη. [6]

ii. Πρόβλεψη του κινδύνου εμφάνισης σοβαρών συμπτωμάτων κατά τη μόλυνση

Μόλις μολυνθεί ένα άτομο, οι δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να καθοριστεί η πιθανότητα επιβίωσης και η απαίτηση νοσηλείας σε ΜΕΘ για ασθενείς με COVID-19. Για το σκοπό αυτό, γιατροί σε πανεπιστήμια όπως το Στάνφορντ και το Πανεπιστήμιο του Σικάγο κάνουν προσπάθειες να αυξήσουν τα υπάρχοντα συστήματά τους με τεχνητή νοημοσύνη για να εντοπίσουν με ακρίβεια τους ασθενείς με COVID-19, η κατάσταση των οποίων μπορεί να επιδεινωθεί. Ήδη τα συστήματα αυτά έχουν αποδείξει την ικανότητά τους να προβλέπουν εάν ασθενείς με καρδιακές παθήσεις θα χρειαστούν ή όχι μεταφορά στη ΜΕΘ. Σε μια άλλη προσπάθεια, η Bayesian Health, μια νεοσύστατη εταιρεία που εντοπίζει τις ρίζες της στο Πανεπιστήμιο John Hopkins, άρχισε να εργάζεται σε ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης για το σύνδρομο οξείας αναπνευστικής

δυσχέρειας (Acute Respiratory Distress Syndrome - ARDS), ένα από τα σοβαρά συμπτώματα που σχετίζονται με τον COVID-19. Οι ερευνητές προτείνουν ένα πλαίσιο τεχνητής νοημοσύνης που να αξιοποιεί την προβλεπτική ανάλυση που πραγματοποιείται σε πραγματικούς ασθενείς με COVID-19 για να υποστηρίξει τη λήψη κλινικών αποφάσεων. Το μοντέλο πρόβλεψης που λειτουργεί με τεχνητή νοημοσύνη είναι ικανό να εντοπίσει άτομα με υψηλότερη πιθανότητα εμφάνισης σοβαρών συμπτωμάτων όπως το ARDS. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, το μοντέλο τους πέτυχε ακρίβεια 70-80% στην πρόβλεψη σοβαρών περιπτώσεων του COVID-19.[6]

- iii. Πρόβλεψη του κινδύνου χρήσης συγκεκριμένης γραμμής θεραπείας σε μολυσμένο άτομο

Εκτός από τις περιπτώσεις χρήσης που αναφέρθηκαν παραπάνω, τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης, ιδιαίτερα αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη συσχέτιση των παραμέτρων του ασθενούς με τη χρήση συγκεκριμένου φαρμάκου. Αυτοί οι συσχετισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν την επίδραση του φαρμάκου σε μια συγκεκριμένη ομάδα ασθενών. Η προληπτική γνώση αυτών των παραγόντων μπορεί να επιτρέψει στους γιατρούς και τους ιατρικούς προμηθευτές να είναι καλύτερα προετοιμασμένοι για τις συνέπειες.[6]

2.2.3 Ιατρική διάγνωση και παρακολούθηση

Η ταχεία διάγνωση του COVID-19 μπορεί να επιτρέψει στις κυβερνήσεις να λάβουν αποτελεσματικά μέτρα αντιμετώπισης για να περιορίσουν την περαιτέρω εξάπλωση της νόσου πιο αποτελεσματικά. Η έλλειψη διαγνωστικών τεστ παγκοσμίως, ωστόσο, έχει δυσκολέψει τις αρχές να πραγματοποιήσουν διαγνωστικούς ελέγχους μεγάλης κλίμακας. Πολλά από τα υπάρχοντα εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης επαναχρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό, ενώ μερικά νέα αναπτύσσονται προκειμένου να λύσουν αυτό το πρόβλημα.

- i. Σαρωτές προσώπου

Μετά το ξέσπασμα του COVID-19, διάφορες αρχές χρησιμοποίησαν σαρωτές θερμοκρασίας σε διαφορετικούς δημόσιους χώρους για να ελέγξουν τους ανθρώπους για πυρετό. Αυτή η τεχνολογία, ωστόσο, απαιτεί την παρουσία προσωπικού πρώτης γραμμής για τη διεξαγωγή της σάρωσης. Για να περιοριστεί η έκθεση του προσωπικού της πρώτης γραμμής σε πιθανούς ασθενείς με COVID-19, αρκετά νοσοκομεία, αεροδρόμια και ιατρικά κέντρα έχουν υιοθετήσει τη χρήση κάμερας με πολυαισθητηριακή τεχνολογία βασισμένη στην τεχνητή

νοημοσύνη. Αυτές οι κάμερες μπορούν όχι μόνο να επιτρέψουν στις αρχές να παρατηρούν τα πλήθη και να εντοπίζουν άτομα με υψηλές θερμοκρασίες σώματος, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση των προσώπων τους και τον εντοπισμό των κινήσεών τους. Ένα από τα πρώτα νοσοκομεία που χρησιμοποίησαν αυτήν την τεχνολογία ήταν το Γενικό Νοσοκομείο Τάμπα στη Φλόριντα των ΗΠΑ. Το νοσοκομείο εγκατέστησε μια κάμερα με δυνατότητα τεχνητής νοημοσύνης στην είσοδό του για να ελέγξει όλους τους εισερχόμενους ασθενείς για αυξημένες θερμοκρασίες σώματος, πραγματοποιώντας μια θερμική σάρωση προσώπου. Το σύστημα τεχνητής νοημοσύνης χρησιμοποιεί μηχανική μάθηση και με τα ευρήματα της κάμερας, μπορεί να ταξινομήσει ένα άτομο σύμφωνα με το εάν εκδηλώνει ή όχι τα συμπτώματα COVID-19.[6]

ii. Ιατρική εικόνα

Η τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης έχει σημαντικές δυνατότητες βελτίωσης της ιατρικής διάγνωσης βάσει εικόνας. Σύμφωνα με τους ερευνητές του OHE Global Pulse, η ανάλυση της αξονικής τομογραφίας (CT) και των ακτινών X χρησιμοποιώντας εργαλεία με δυνατότητα τεχνητής νοημοσύνης μπορεί να εξοικονομήσει χρόνο στους ακτινολόγους προσφέροντας πιο έγκαιρη ιατρική διάγνωση από τις τρέχουσες εξετάσεις για τον COVID-19. Για το σκοπό αυτό, έχουν ήδη γίνει πολλές προσπάθειες προκειμένου να αξιοποιηθεί η χρήση ιατρικής απεικόνισης με δυνατότητα τεχνητής νοημοσύνης για τη διάγνωση του COVID-19.[6]

iii. Συστήματα ανίχνευσης φωνής

Η ανίχνευση φωνής είναι μία από τις απλούστερες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό πιθανών ασθενών με COVID-19. Όταν υπάρχει σοβαρή έλλειψη διαγνωστικών τεστ, οι πλατφόρμες ανίχνευσης φωνής μπορούν να λειτουργήσουν ως μέτρο ελέγχου για να αποφασιστεί ποιος πρέπει να υποβληθεί σε τεστ COVID. [6]

2.2.4 Διαδικασία εύρεσης θεραπείας

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα με τον SARS-CoV-2 είναι η έλλειψη υφιστάμενων πρωτοκόλλων έρευνας της θεραπείας για τον ιό. Ωστόσο, αναλύοντας τις τρέχουσες περιπτώσεις του COVID-19 καθώς και την υπάρχουσα έρευνα για διάφορες άλλες ασθένειες, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να αποδειχθεί μια ωφέλιμη τεχνολογία για να επιταχύνει τη διαδικασία ανάπτυξης φαρμάκων. Αρκετοί οργανισμοί και ερευνητικά εργαστήρια έχουν ήδη υιοθετήσει τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης για τον εντοπισμό πιθανών θεραπειών για τον COVID-19. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία ανάπτυξης φαρμάκων, αλλά μπορεί επίσης να βοηθήσει στην ανακάλυψη των ήδη υπαρχόντων φαρμάκων.[6]

2.2.5 Μοντελοποίηση και ανάλυση ιού

Το κλειδί για την ανάπτυξη μιας επιτυχούς θεραπείας κατά του COVID-19 είναι η κατανόηση του ίδιου του ιού. Δεδομένου ότι οι ιοί δεν μπορούν να αναπαραχθούν από μόνοι τους, βασίζονται στα κύτταρα ξενιστές για να παράγουν αντίγραφα του DNA τους. Για να γίνει αυτό, ένας ιός τυπικά μολύνει ένα κύτταρο ξενιστή συνδέοντας τον εαυτό του στους υποδοχείς του ξενιστή μέσω ενός μηχανισμού κλειδώματος και κλειδιού. Ένας μηχανισμός αναστολής έχει στόχο να αποτρέψει την σύνδεση με το να μπλοκάρει τους υποδοχείς των κυττάρων-στόχων. Έτσι, ο σχεδιασμός αποτελεσματικών αναστολέων απαιτεί από τους επιστήμονες να μοντελοποιήσουν τον μηχανισμό σύνδεσης. Η μηχανική μάθηση είναι ένα από τα πιο χρήσιμα εργαλεία στο οπλοστάσιο του επιστήμονα για την κατασκευή τέτοιων μοντέλων.[6]

2.3 Big Data

Ο όρος Μεγάλα Δεδομένα (Big Data) αναφέρεται σε εξαιρετικά μεγάλα σύνολα δεδομένων που μπορούν να αναλυθούν υπολογιστικά για να αποκαλυφθούν μοτίβα, τάσεις και συσχετισμοί, ειδικά σχετικά με την ανθρώπινη συμπεριφορά και τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Η καινοτομία των Big Data είναι ιδιαίτερα σημαντική για την καταπολέμηση του COVID-19, καθώς τα Big Data που προέρχονται από μέσα κοινωνικής δικτύωσης, δεδομένα κινητής τηλεφωνίας και άλλες πηγές, περιέχουν επιπλέον εξειδικευμένες πληροφορίες για τα καθημερινά επιβεβαιωμένα κρούσματα COVID-19, ιδιαίτερα σχετικά με την χωροχρονική διακύμανση της εξάπλωσης, την τήρηση των κοινωνικών αποστάσεων, την κινητικότητα του πληθυσμού και τα παθολογικά χαρακτηριστικά σε διαφορετικές χώρες. Αυτά τα δεδομένα παρέχουν έγκαιρες και χρήσιμες πληροφορίες για μια πιο λογική παραμετροποίηση του μοντέλου πρόβλεψης COVID-19, επιτρέποντας τον σχεδιασμό πιο ρεαλιστικών μοντέλων για μακροπρόθεσμη πρόβλεψη.[10]

Πιο συγκεκριμένα, η πρόβλεψη μιας επιδημίας μπορεί να παρέχει τον συνολικό αριθμό των λοιμώξεων, τον κύκλο ζωής της επιδημίας, τον χρόνο που απαιτείται για την κορύφωση της επιδημίας και την εκτίμηση της σοβαρότητάς της. Επιπλέον, τα μοντέλα πρόβλεψης παρέχουν την επιστημονική βάση για τη λήψη αποφάσεων και την προσαρμογή της στρατηγικής παρέμβασης. Από την εμφάνιση του COVID-19, έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα για την προσομοίωση, την ανάλυση και την πρόβλεψη της πανδημίας. Με την ολοένα και πιο έντονη εξάπλωση του COVID-19, τα μοντέλα μολυσματικών ασθενειών έπαιξαν βασικό ρόλο στην πρόβλεψη των τάσεων της πανδημίας, στην επιστημονική πρόληψη, στον έλεγχο και στην εκτίμηση της επιδημίας. Οι μελέτες για μοντέλα μολυσματικών ασθενειών έχουν μακρά ιστορία και μπορούν να εντοπιστούν στη δεκαετία του 1760, με το περίφημο μοντέλο SIR (Susceptible–Infectious–Removed) που καθιερώθηκε στη δεκαετία του 1920.[10]

Συνοψίζοντας, η αφομοίωση δεδομένων και η εκτίμηση παραμέτρων μπορούν να βοηθήσουν στον περιορισμό των επιπτώσεων του COVID-19 μέσω της ενίσχυσης της προβλεψιμότητας της πανδημίας. Η εκμετάλλευση των Big Data, σε πραγματικό χρόνο, των παθολογικών χαρακτηριστικών και του κοινωνικού περιβάλλοντος αποτελεί έναν ελπιδοφόρο τρόπο για την προσαρμογή της τροχιάς της επιδημίας. Η αξιόπιστη πρόβλεψη του COVID-19 μπορεί να συμβάλει στην προσαρμογή των στρατηγικών πρόληψης και ελέγχου για την καταπολέμηση της πανδημίας, τη διασφάλιση της ανθρώπινης υγείας και την επίτευξη του στόχου της «Καλής Υγείας και Ευημερίας» που καθιερώθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη ως ένας από τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης (Sustainable Development Goals - SDGs³).[10]

2.4 Blockchain

Το Blockchain είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία που βοηθά στην αποθήκευση δεδομένων με τη μορφή αμετάβλητων μπλοκ. Πρόκειται για ένα συνεχώς διευρυνόμενο αρχείο συναλλαγών μεταξύ δύο μερών. Τα δεδομένα του αρχείου είναι χρήσιμα για την επαλήθευση των ισχυρισμών ενός μέρους ότι πράγματι έχει πραγματοποιηθεί μια συναλλαγή. Το Blockchain κερδίζει ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον κάθε μέρα, χάρη στις ευρείες εφαρμογές του σε διάφορους τομείς της ζωής. Βλέποντας τη χρησιμότητά του, πολλές εταιρείες σε όλο τον κόσμο έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν Blockchain για τη δημιουργία εφαρμογών που μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση του COVID-19. Αυτές οι εφαρμογές στοχεύουν στην αντιμετώπιση του κρίσιμου προβλήματος, που είναι η έλλειψη ενοποιημένων και επαληθευμένων πηγών δεδομένων. Σύμφωνα με ειδικούς, ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης εφαρμογών με δυνατότητα Blockchain είναι η δυνατότητα να επικυρώνει συνεχώς μεταβαλλόμενα δεδομένα. Αυτή η δυνατότητα μπορεί να αποδειχθεί πολύτιμη για τη διαχείριση της ταχύτατα κλιμακούμενης κατάστασης COVID-19.[6]

Σταδιακά, η τεχνολογία Blockchain επεκτείνει την παρουσία της σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένου του ασφαλιστικού τομέα, της βιομηχανίας μεταφορών, των τεχνολογιών επικοινωνίας με drone, ακόμη και του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης απαιτούν μια ασφαλή, αξιόπιστη καθώς και πιο αποτελεσματική τεχνολογία που θα εγγυάται την ασφάλεια των πληροφοριών. Όσο η τεχνολογία συνεχίζει να προοδεύει, η εφαρμογή των τεχνολογιών Blockchain αυξάνεται ραγδαία, ειδικά σε αυτόν τον τομέα. Το πρωταρχικό με αυτήν την τεχνολογία είναι ότι εξαρτάται αποκλειστικά από την κρυπτογραφία, η οποία είναι μια τεχνική στον τομέα της κυβερνοασφάλειας για τη διασφάλιση της κρυπτογράφησης των δεδομένων ή των πληροφοριών. Επιπλέον, διασφαλίζει ότι κανείς δεν μπορεί να καταπατήσει την

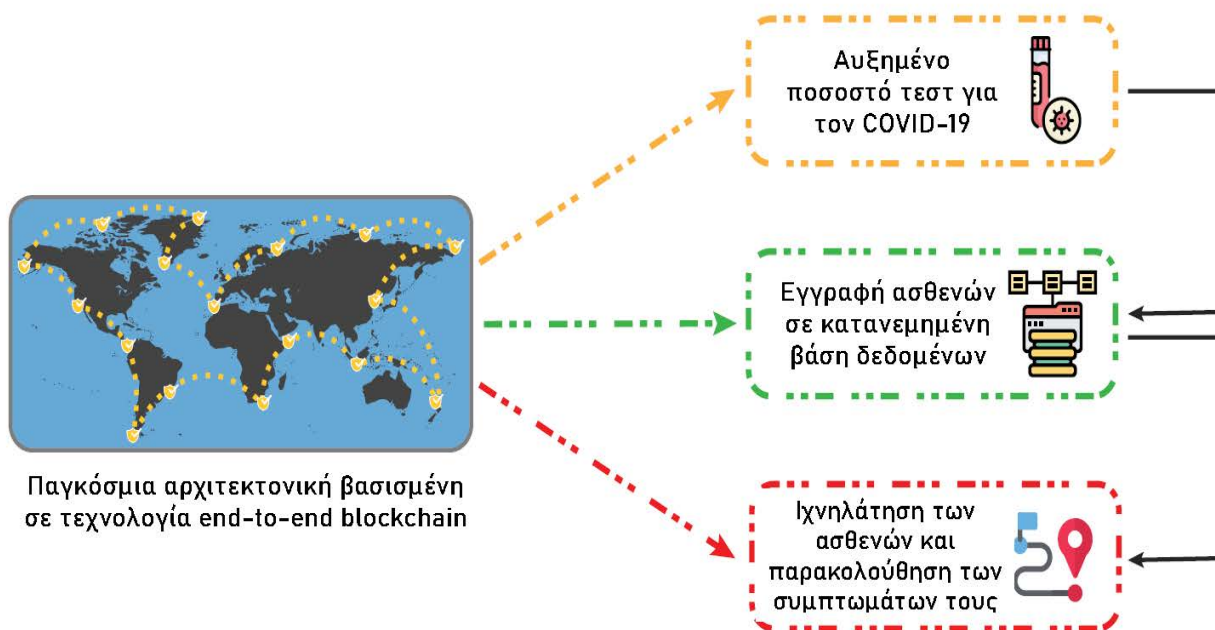
³ <https://sdgs.un.org/goals>

επικοινωνία ή τα αποθηκευμένα δεδομένα ενός συστήματος. Στο μέλλον, μπορεί να υπάρξει ένα εθνικό σύστημα Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη, το οποίο θα μπορεί να διατηρεί ιατρικά αρχεία μέσω καταναμημένων συστημάτων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε βελτιωμένη πρόσβαση, αποτελεσματικότητα και υποστήριξη για καλύτερα αποτελέσματα υγείας για τους ασθενείς παντού. Αξίζει να σημειωθεί ότι η τεχνολογία Blockchain είναι περισσότερο μια τεχνική κυβερνοασφάλειας όπου όλα τα δεδομένα προστατεύονται μέσω κρυπτογραφικών τεχνικών και αυτό σημαίνει ότι κάθε χρήστης εντός του ίδιου δικτύου πρέπει να είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για τη διασφάλιση της ακρίβειας των δεδομένων που μεταδίδονται στο Blockchain.[11]

Η πανδημία COVID-19 είναι καταναμημένη σε κάθε γωνιά του κόσμου, επομένως, τεχνολογίες όπως το Blockchain, μπορεί να είναι ιδιαίτερα ωφέλιμες για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης. Η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει σε άτομα και οργανισμούς από οποιαδήποτε γωνιά του κόσμου να γίνουν μέρος ενός ενιαίου διασυνδεδεμένου δικτύου που διευκολύνει την ασφαλή κοινή χρήση δεδομένων. Η δυσκολία παραβίασης του Blockchain το καθιστά ανθεκτικό σε μη εξουσιοδοτημένες αλλαγές και η χρήση συναινετικών αλγορίθμων και έξυπνων συμβάσεων ελαχιστοποιεί τις δυνατότητες διάδοσης ψευδών δεδομένων και δόλιων πληροφοριών. Εφαρμογές που βασίζονται σε Blockchain μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και τη διαχείριση των ασθενών με COVID-19 ψηφιακά, απαλλάσσοντας έτσι κάποιο βάρος από το προσωπικό του νοσοκομείου και το προσωπικό υγειονομικής περίθαλψης. [6]

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται σχηματικά η αρχιτεκτονική Distributed Ledger Technology (DLT), που αποτελείται από μια αποκεντρωμένη βάση δεδομένων η οποία διαχειρίζεται από πολλούς συμμετέχοντες, σε πολλούς κόμβους. Μερικοί από τους σημαντικούς τρόπους με τους οποίους η τεχνολογία Blockchain μπορεί να βοηθήσει στη μάχη κατά του COVID-19, σύμφωνα με τους ερευνητές του [6], είναι:

- Διευκόλυνση της διεξαγωγής δοκιμαστικών τεστ και αναφοράς
- Καταγραφή των στοιχείων των ασθενών με COVID-19
- Διαχείριση της εφαρμογής lockdown
- Αποτροπή της κυκλοφορίας Fake News
- Ενεργοποίηση πλατφόρμας εθελοντικής συμμετοχής βάσει κινήτρων
- Ενεργοποίηση ασφαλούς πλατφόρμας δωρεάς για υποστηρικτές
- Περιορισμός διαταραχών εφοδιαστικής αλυσίδας



Σχήμα 1 : Αρχιτεκτονική DLT βασισμένη σε blockchain για διαχείριση του ανιχνεύσιμου της COVID-19 [6].

Παρακάτω συζητούνται δύο εφαρμογές βασισμένες σε Blockchain, που αναπτύχθηκαν σε μια προσπάθεια να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση της πανδημίας COVID-19.

2.4.1 Civitas App

Μια канаδική νεοσύστατη εταιρεία που ειδικεύεται σε λύσεις Blockchain ξεκίνησε πρόσφατα ένα σύστημα ασφαλείας, με τη μορφή εφαρμογής, γνωστή ως Civitas, που μπορεί να βοηθήσει τις τοπικές αρχές να ελέγξουν τον αντίκτυπο του COVID-19. Αυτή η εφαρμογή συσχετίζει τους πολίτες, μέσω της ταυτότητάς τους, με αρχεία Blockchain για να επαληθεύσει εάν το άτομο έχει άδεια να βγει από το σπίτι του ή όχι. Η εφαρμογή καθορίζει επίσης την ιδανική ώρα και μέρα για τα άτομα που εμφανίζουν τα συμπτώματα COVID-19 να βγαίνουν και να αγοράζουν βασικά είδη, ελαχιστοποιώντας έτσι τον κίνδυνο μόλυνσης άλλων. Επιπλέον, το Civitas προσφέρει μια ενσωματωμένη λειτουργικότητα τηλεϊατρικής που επιτρέπει στους γιατρούς να παρακολουθούν τα συμπτώματα των ασθενών τους και να τους στέλνουν σημειώσεις σχετικά με τα φάρμακα που θα χρησιμοποιηθούν και τις στρατηγικές υγειονομικής περίθαλψης που πρέπει να ακολουθούνται. Σύμφωνα με τους ισχυρισμούς της εταιρείας, η εφαρμογή διασφαλίζει ότι τα δεδομένα των ατόμων παραμένουν ιδιωτικά και ασφαλή.[6]

2.4.2 MiPasa Platform

Η MiPasa είναι μια πλατφόρμα ροής δεδομένων που βασίζεται στο Hyperledger Fabric. Αυτή η πλατφόρμα βασίζεται επίσης στις υπηρεσίες που παρέχονται από το IBM Blockchain και τις πλατφόρμες cloud της IBM, για να διευκολύνει την ανταλλαγή επαληθευμένων πληροφοριών σχετικά με την υγεία και την τοποθεσία μεταξύ ατόμων, αρχών και νοσοκομείων. Λειτουργεί συλλέγοντας τις πληροφορίες που παρέχονται από διάφορους ιατρικούς οργανισμούς, τη δημόσια υγεία των υπαλλήλων και άλλα άτομα. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας πρόσφατα αναγνώρισε ότι η MiPasa είναι μια αποτελεσματική πλατφόρμα για βοήθεια στους γιατρούς να αποκτήσουν πρόσβαση σε αξιόπιστες πληροφορίες. Τα διαθέσιμα δεδομένα σε αυτήν την πλατφόρμα μπορούν να βοηθήσουν τα νοσοκομεία να καθορίσουν τα μελλοντικά τους σχέδια δράσης και να κατανεύουν αποτελεσματικά τους πόρους τους, για να μετριάσουν τον αντίκτυπο της πανδημίας COVID-19.[6]

2.5 Robots

Καθώς οι κυβερνήσεις και οι ιατρικές οργανώσεις σε όλο τον κόσμο αγωνίζονται να περιορίσουν την εξάπλωση του COVID-19, αναπτύσσονται ρομπότ για να βοηθήσουν στη θεραπεία ασθενών και, κατά συνέπεια, να μειώσουν τα επίπεδα άγχους των εργαζομένων στον τομέα της υγείας. Η τεχνολογία ρομπότ συνιστάται ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια κρίσης, καθώς μειώνει την ανθρώπινη επαφή και λειτουργεί ως πολεμιστής πρώτης γραμμής για τη μείωση της εξάπλωσης του COVID-19. Είναι χρήσιμη για την παροχή βασικών υπηρεσιών, τη διατήρηση των αναγκαίων lockdowns και ούτω καθεξής. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιείται για τη δημιουργία έξυπνων και ψηφιακών νοσοκομείων με τη βοήθεια ενός cloud-based συστήματος. Είναι ο καλύτερος τρόπος αλληλεπίδρασης με το γιατρό μέσω εικονικής αλληλεπίδρασης. Παρακάτω αναφέρονται σημαντικά σημεία της τεχνολογίας ρομπότ για τη μείωση του κινδύνου που προκαλεί ο COVID-19[12]:

- Παροχή τροφίμων, φαρμάκων, ιατρικού εξοπλισμού και άλλων βασικών υπηρεσιών στο νοσοκομείο για τη μείωση της επαφής με μολυσμένο άτομο
- Διατήρηση των κοινωνικών αποστάσεων και παρακολούθηση των ανθρώπων σε πληγείσες περιοχές
- Μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος ενός μολυσμένου ατόμου
- Απολύμανση
- Θερμική προβολή σε δημόσιους χώρους όπως αεροδρόμια, σιδηρόδρομοι, εμπορικά κέντρα, κινηματογράφος κ.λπ.
- Καθαρισμός
- Παροχή βοήθειας ανθρώπων που βρίσκονται σε καραντίνα

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα που συγκέντρωσαν οι ερευνητές στο [6] για το πώς χρησιμοποιούνται ρομπότ σε νοσοκομεία σε όλο τον κόσμο για να βοηθήσουν στη διαχείριση επιπτώσεων COVID-19.

- Στην Ινδία, μια start-up εταιρία με έδρα την Κεράλα με το όνομα Asimov Robotics ανέπτυξε ένα τρίτροχο ρομπότ που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει τους ασθενείς που βρίσκονται σε απομόνωση. Το ρομπότ είναι ικανό να κάνει εργασίες, όπως να σερβίρει φαγητό στους ασθενείς, καθώς και να τους δίνει φάρμακα, μειώνοντας έτσι λίγο βάρος για τους εργαζόμενους στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης και απελευθερώνοντάς τους από τον κίνδυνο μόλυνσης.
- Η Xenex Disinfection Services, μια εταιρεία που ιδρύθηκε από δύο επιδημιολόγους του John Hopkins, έχει αναπτύξει ένα αυτόνομο ρομπότ απολύμανσης για να περιορίσει τον αριθμό των νοσοκομειακών λοιμώξεων. Τα ρομπότ UV LightStrike Germ-Zapping έχουν τη δυνατότητα να εξαλείψουν αποτελεσματικά όλους τους τύπους μικροβίων, συμπεριλαμβανομένων διαφόρων τύπων ιών και βακτηρίων. Η Xenex ανέφερε αύξηση της ζήτησης για το ρομπότ UV-Zapping, από χώρες όπως η Σιγκαπούρη, η Ιαπωνία, η Νότια Κορέα και η Ιταλία.
- Μια Δανική εταιρεία ρομποτικής, η UVD Robots, έχει αναπτύξει πολλαπλά ρομπότ απολύμανσης για παράδοση σε νοσοκομεία σε όλο τον κόσμο. Μέχρι σήμερα, η UVD Robots έχει παραδώσει τα ρομπότ της σε διάφορες επαρχίες στην Κίνα, σε διάφορα μέρη της Ασίας και σε αγορές υγειονομικής περίθαλψης στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτά τα ρομπότ εκπέμπουν ισχυρό υπεριώδες φως που μπορεί να απολυμάνει τις επιφάνειες διαλύοντας τα σκέλη του DNA του ιού. Η Δανική εταιρεία ισχυρίζεται ότι τα ρομπότ της μπορούν να λειτουργήσουν για περίπου 2,5 ώρες και να απολυμάνουν περίπου εννέα ή δέκα δωμάτια με μία μόνο φόρτιση.
- Σύμφωνα με έναν κορυφαίο εμπειρογνώμονα ρομποτικής από το Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon (CMU), εκτός από τα καθήκοντα που αναφέρθηκαν παραπάνω, τα ρομπότ με δυνατότητα να εκτελούν εργασίες όπως λήψη ρινικών δειγμάτων για έλεγχο και παροχή υποστήριξης σε απομονωμένους ασθενείς, ενδέχεται επίσης να αναπτυχθούν σύντομα.

2.6 Φορετές Συσκευές (Wearables)

Οι φορετές συσκευές γνωστές με τον όρο wearables, είναι συσκευές ενίσχυσης της επικοινωνίας που φοριούνται στο σώμα και είναι συνδεδεμένες σε πηγή διαδικτύου. Οι φορετές συσκευές συμπεριλαμβάνουν από έξυπνα ρολόγια όπως το Apple Watch, ανιχνευτές αντοχής όπως

το Fitbit, έξυπνες ταινίες κεφαλής όπως το Dreem, έως και προσωπικούς αισθητήρες. Η ικανότητα παρακολούθησης της σωματικής υγείας των ανθρώπων, μαζί με τα επίπεδα άγχους τους, έχει κάνει τα φορετά είδη μια ιδανική τεχνολογία για υιοθέτηση στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Εν μέσω της τρέχουσας κρίσης για την υγεία, διάφοροι οργανισμοί τροποποίησαν τις υπάρχουσες συσκευές τους ή παρουσίασαν νέες, για να βοηθήσουν στη διαχείριση των επιπτώσεων του COVID-19. Μερικές από αυτές τις τεχνολογίες, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, παρουσιάζονται παρακάτω.

2.6.1 WHOOP-Strap 3.0

Μια start-up εταιρία τεχνολογίας ανθρώπινης απόδοσης με έδρα τη Βοστώνη, η WHOOP, συνεργάστηκε με μια ομάδα ερευνητών του Πανεπιστημίου Central Queensland (CQUniversity) στην Αυστραλία για να εξετάσει μια πιθανή σχέση μεταξύ των μεταβολών των αναπνευστικών ρυθμών και των συμπτωμάτων COVID-19. Ο πρωταρχικός στόχος αυτής της μελέτης είναι να είναι σε θέση να αναπτύξει έναν μηχανισμό που μπορεί να αναγνωρίσει όταν κάποιος έχει COVID-19 κατά τη διάρκεια της περιόδου επώασης, με την ανίχνευση πρώιμων σημείων ανώμαλης αναπνευστικής συμπεριφοράς σε ασθενείς με COVID-19. Λόγο του υψηλού αναπαραγωγικού ρυθμού του ιού, που έκανε το ξέσπασμα του COVID-19 τόσο σοβαρό, αυτό το είδος συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην επιβράδυνση του παγκόσμιου πολλαπλασιασμού κρουσμάτων COVID-19. [6]

Σε συνεργασία με την Κλινική του Κλίβελαντ, οι ερευνητές στο Ινστιτούτο Appleton του CQUniversity σκοπεύουν να πραγματοποιήσουν μια μελέτη χρησιμοποιώντας δεδομένα, που συγκεντρώθηκαν μέσω του καρπού από τις συσκευές WHOOP Strap 3.0, από εκατοντάδες μέλη του WHOOP που έχουν διαγνωστεί με COVID-19 και εθελοντικά συμμετείχαν στη μελέτη. Διακρίνοντας οποιαδήποτε απόκλιση στους ρυθμούς αναπνοής ενός ατόμου από την καθορισμένη γραμμή βάσης, η συσκευή μπορεί να ειδοποιήσει το άτομο για τυχόν ζητήματα που μπορεί να αντιμετωπίσει. Αυτή η μελέτη θα συλλέξει επίσης δεδομένα από το WHOOP Journal, μια διαδικτυακή διεπαφή που κυκλοφόρησε πρόσφατα και είναι προσβάσιμη από τα smartphone των μελών, επιτρέποντάς τους να παρακολουθούν την καθημερινή τους συμπεριφορά και να κάνουν πιο υγιεινές επιλογές τρόπου ζωής. Παρόλο που μερικά ρολόγια από την εταιρία Garmin και την Fitbit έχουν επίσης τη δυνατότητα μέτρησης των αναπνευστικών ρυθμών, η WHOOP ισχυρίζεται ότι είναι η μοναδική φορετή συσκευή που έχει την δυνατότητα ακριβούς μέτρησης των καρδιοαναπνευστικών μεταβλητών επικυρωμένο από μελέτη τρίτου μέρους. [6]

2.6.2 Contact Tracing Wearable από την Estimote

Η Estimote, μια νεοσύστατη εταιρεία γνωστή για τεχνολογίες Bluetooth εύρεσης τοποθεσίας, ανέπτυξε πρόσφατα ένα σύνολο φορετών συσκευών για να επιτρέψει την ανίχνευση επαφών στο χώρο εργασίας, σε μια προσπάθεια να παρέχει στους εργαζόμενους ένα ασφαλέστερο περιβάλλον στο χώρο εργασίας. Αυτή η φορητή συσκευή επιτρέπει στους προϊστάμενους του οργανισμού να παρακολουθούν την κατάσταση της υγείας των υπαλλήλων τους από απόσταση και να διατηρούν αρχείο για οποιαδήποτε περίπτωση μετάδοσης COVID-19 ανάμεσά τους. Δίνεται η δυνατότητα να περιοριστεί η εξάπλωση της νόσου πριν εξαπλωθεί ραγδαία εντός του χώρου εργασίας ή ακόμη και εκτός αυτού. Όταν αυτή η συσκευή είναι ενεργοποιημένη, σαρώνει άλλες φορητές συσκευές και καταγράφει τυχόν στενές αλληλεπιδράσεις μαζί τους. Το υλικό των συσκευών περιλαμβάνει έναν παθητικό εντοπισμό θέσης GPS, αισθητήρες εγγύτητας Bluetooth, ευρυζωνική σύνδεση, ενσωματωμένο LTE και επαναφορτιζόμενη μπαταρία. Επιπλέον, κάθε συσκευή διαθέτει ενδείξεις με LED και κουμπιά, ακριβώς όπως ένα έξυπνο ρολόι. Ο σκοπός αυτών των κουμπιών είναι να επιτρέπεται στους υπαλλήλους να καταγράφουν την κατάσταση υγείας τους σε πραγματικό χρόνο. Για παράδειγμα, ο χρήστης μπορεί να ενημερώσει την κατάσταση της υγείας του ως πιστοποιημένα υγιής, συμπτωματικός ή επαληθευμένα μολυσμένος. Όταν ο φορέας ενημερώνει την κατάσταση της υγείας του, καταγράφεται σε μια κεντρική βάση δεδομένων που αποθηκεύει τις πληροφορίες για έως και έξι εβδομάδες. Υπάρχουν τρεις παραλλαγές αυτών των συσκευών: μια συσκευή που μοιάζει με βότσαλο που φοριέται γύρω από το λαιμό, μια έκδοση για τον καρπό και μια συσκευή με τη μορφή κάρτας (Εικόνα 1).[6]



Εικόνα 1 : Οι 3 παραλλαγές της συσκευής Contact Tracing Wearable από την Estimote (www.estimote.com)

2.6.3 Έμπλαστρο LifeSignals Biosensor

Μια νεοσύστατη εταιρεία της Silicon Valley με την ονομασία LifeSignals σχεδιάζει να κυκλοφορήσει ένα νέο έμπλαστρο-βιοαισθητήρα που υποστηρίζει την καρδιαγγειακή παρακολούθηση, με σκοπό την έγκαιρη ανίχνευση του COVID-19 σε ένα άτομο. Το μίας χρήσης, αδιάβροχο και ελαφρύ έμπλαστρο ονομάζεται Biosensor Patch 1AX (Εικόνα 2), όταν τοποθετηθεί στην περιοχή του θώρακα, μπορεί να καταγράψει τη θερμοκρασία του ατόμου μαζί με τον ρυθμό αναπνοής του, το ηλεκτροκαρδιογράφημα και ακόμη και τον καρδιακό ρυθμό σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα δεδομένα αποστέλλονται αυτόματα από το έμπλαστρο σε μια εφαρμογή στο smartphone του χρήστη, επιτρέποντάς του να βλέπει τα δεδομένα του σε πραγματικό χρόνο. Σε περίπτωση που ένα άτομο που χρησιμοποιεί αυτό το έμπλαστρο εμφανίσει συμπτώματα COVID-19, τα δεδομένα του μπορούν επίσης να σταλούν σε μια κεντρική και ασφαλή πλατφόρμα cloud, προειδοποιώντας τους εργαζόμενους στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης για έναν πιθανό ασθενή COVID-19. Τα έμπλαστρα έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να φορεθούν από ένα άτομο για πέντε ημέρες, και έπειτα να απορριφθούν με ασφάλεια για να διασφαλιστεί ότι ο ιός δεν θα εξαπλώνεται από το έμπλαστρο. Η LifeSignals σχεδιάζει επίσης να κυκλοφορήσει τη δεύτερη έκδοση του patch, Biosensor Patch 2A. Το νέο έμπλαστρο, με την αποθήκευση και τη μετάδοση των ζωτικών ενδείξεων των ασθενών, θα επιτρέψει στους εργαζόμενους στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης να παρακολουθούν τους ασθενείς με COVID-19 που εισάγονται στις μονάδες εντατικής θεραπείας.[6]



Εικόνα 2 : Έμπλαστρο Biosensor Patch 1AX από την LifeSignals (www.lifesignals.com)

2.6.4 Loop Signal από την Spry Health

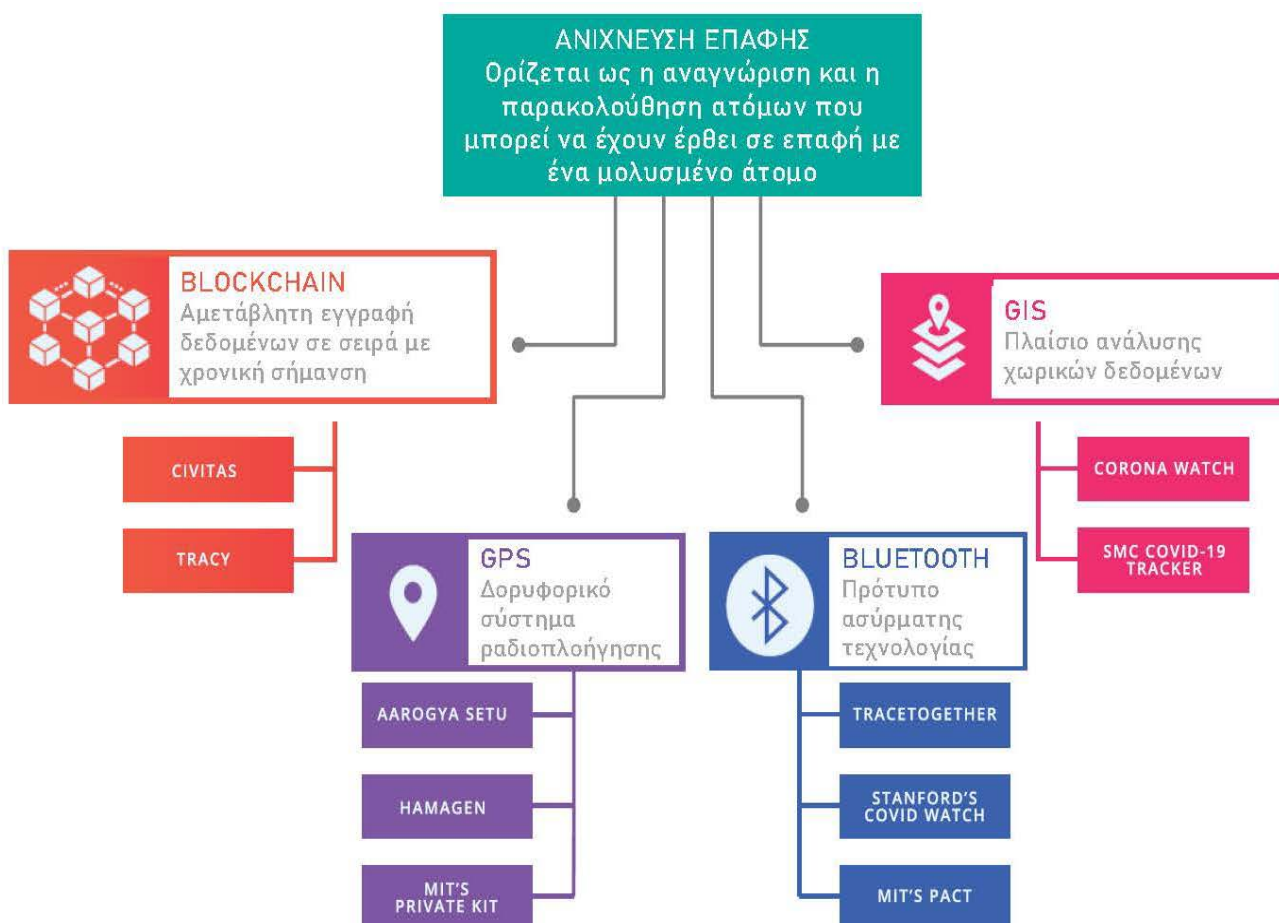
Η Spry Health είναι μια εταιρεία γνωστή για διαχείριση της υγείας και τεχνολογίες τηλεϊατρικής. Κυκλοφόρησε μια φορητή συσκευή που ονομάζεται Loop Signal (Εικόνα 3) για να περιορίσει τους ασθενείς από το να επισκέπτονται άσκοπα τα νοσοκομεία, ειδικά κατά τη διάρκεια τέτοιων περιόδων υπερφόρτωσης του υγειονομικού συστήματος. Το Loop Signal βοηθά το προσωπικό υγειονομικής περίθαλψης να διαχειρίζεται εξ αποστάσεως την υγεία των ατόμων που έχουν συμπτώματα COVID-19. Φοριέται στον καρπό και παρακολουθεί τον καρδιακό ρυθμό, τον αναπνευστικό ρυθμό και την παλμική οξυμετρία του ασθενούς. Όλες αυτές οι παράμετροι είναι κρίσιμης σημασίας για την εκτίμηση της σοβαρότητας του COVID-19 σε έναν ασθενή και μπορούν, ως εκ τούτου, να δώσουν τη δυνατότητα στους επαγγελματίες του τομέα της υγείας να πραγματοποιήσουν προσωπική επίσκεψη μόνο εάν το απαιτεί η κατάσταση του ασθενούς. Αυτή η συσκευή, φοριέται εύκολα και επιτυγχάνει τη συλλογή πληθώρας δεδομένων από τον ασθενή που την φοράει σε καθημερινή βάση. Η συγκέντρωση του τόσο μεγάλου αριθμού δεδομένων, παρέχει με αρκετή βεβαιότητα την παρούσα κατάσταση ενός ασθενούς, σε αντίθεση με περιπτώσεις συλλογής μόνο ενός σημείου δεδομένων, που υπάρχει μεγάλη πιθανότητα για σφάλμα και μπορεί να οδηγήσει μερικές φορές σε ψευδείς συναγερμούς.[6]



Εικόνα 3 : Συσκευή Loop Signal από την Spry Health (www.spryhealth.com)

2.7 Mobile apps

Η χρήση εφαρμογών για κινητά τηλέφωνα (Mobile apps), έχει αναδειχθεί ως μια πολλά υποσχόμενη δύναμη κατά του COVID-19. Αρκετές κυβερνήσεις και ιδιωτικοί οργανισμοί σε όλο τον κόσμο έχουν ήδη αναπτύξει ορισμένες εφαρμογές και πλατφόρμες για τη διαχείριση των επιπτώσεων του COVID-19, ενώ αρκετές άλλες βρίσκονται στη διαδικασία ανάπτυξης. Οι περισσότερες από αυτές τις σύγχρονες πλατφόρμες χρησιμοποιούν μια μεγάλη ποικιλία τεχνολογιών, όπως Bluetooth, Global Positioning System (GPS) και Geographic Information System (GIS). Ενώ ορισμένες εφαρμογές έχουν επίσης υιοθετήσει τη χρήση του Blockchain, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Το Σχήμα 2 παραθέτει τις βασικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών ανίχνευσης επαφών, δηλαδή ιχνηλάτησης. Σε αυτήν την υποενότητα, συζητάμε μερικές από τις πολυάριθμες εφαρμογές που έχουν εμφανιστεί τους τελευταίους μήνες για την καταπολέμηση της κρίσης του COVID-19.



Σχήμα 2 : Εφαρμογές εντοπισμού κοινωνικών επαφών για τον COVID-19 [6].

2.7.1 Συστήματα καταγραφής γεωγραφικών πληροφοριών

Μια ζωτικής σημασίας πληροφορία-όπλο για την κατανόηση, και κατ' επέκταση την καταπολέμηση του ιού, είναι η γεωγραφία της εξάπλωσης του COVID-19. Η κατανόηση της σοβαρότητας της κρίσης σε μια συγκεκριμένη περιοχή επιτυγχάνει την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων για τον μετριασμό των επιπτώσεων της νόσου σε αυτήν την περιοχή. Για το σκοπό αυτό, αναπτύσσονται τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών GIS (Geographic Information Systems), που χρησιμοποιούν χωρική ανάλυση, χαρτογράφηση και ευφυΐα θέσης για να χαρτογραφήσουν την εμφάνιση των ασθενειών έναντι πολλών παραμέτρων, όπως δημογραφικά, περιβαλλοντικά και παρελθόντα περιστατικά. Αυτό το είδος δεδομένων θα βοηθήσει τόσο τους επιδημιολόγους να κατανοήσουν την προέλευση της επιδημίας, όσο τις κυβερνήσεις να εντοπίσουν περιοχές υψηλού κινδύνου και να αναπτύξουν αντίστοιχες εγκαταστάσεις υγείας.[6]

Το Environment Systems Research Institute (Esri) με έδρα την Καλιφόρνια είναι ένας διεθνής πάροχος λογισμικού GIS, του οποίου η σειρά προϊόντων περιλαμβάνει τα ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro, ArcGIS Enterprise, μεταξύ άλλων. Μετά το ξέσπασμα της πανδημίας, το Esri συνεργάστηκε με αρκετούς ιδιωτικούς οργανισμούς σε όλο τον κόσμο για να ξεκινήσει το "Esri COVID-19 Resources and GIS Hub", το οποίο περιλαμβάνει συλλογή από σύνολα δεδομένων, πίνακες, εφαρμογές και άλλους χρήσιμους πόρους για τη διευκόλυνση του κατάλληλου σχεδιασμού κατά της πανδημίας. Επιπλέον, το Esri έχει ενώσει τις δυνάμεις του με διάφορες κυβερνητικές υπηρεσίες σε όλο τον κόσμο προκειμένου να βοηθήσει να εκμεταλλευτούν την τεχνολογία GIS για τη λήψη προληπτικών μέτρων για τη διαχείριση της διάδοσης COVID-19.[6]

2.7.2 Ανίχνευση επαφών με χρήση τεχνολογίας Bluetooth

Το Bluetooth είναι μια από τις πιο χρήσιμες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τον ακριβή υπολογισμό της εγγύτητας. Είναι επίσης μια από τις λιγότερο επεμβατικές τεχνολογίες, δεδομένου ότι δεν παρακολουθεί την ακριβή τοποθεσία ενός χρήστη, αλλά τη σχετική απόσταση μεταξύ της συσκευής του και της άλλης. Οι εφαρμογές ανίχνευσης επαφών Bluetooth παρακολουθούν γενικά την εγγύτητα μεταξύ δύο ατόμων υπολογίζοντας την απόσταση μεταξύ των συσκευών τους χρησιμοποιώντας την ένδειξη ισχύος σήματος λήψης RSSI (Received Signal Strength Indicator). Τέτοιες εφαρμογές αποθηκεύουν αρχεία όλων των προηγούμενων συνδέσεων Bluetooth μιας συσκευής, συμπεριλαμβανομένου του χρόνου για τον οποίο διατηρείται μια σύνδεση Bluetooth με κάποια άλλη συσκευή. Σε περίπτωση που ένα άτομο διαγνωστεί με COVID-19, αυτές οι εφαρμογές μπορούν να αξιοποιήσουν το ιστορικό σύνδεσης Bluetooth αυτής της συσκευής ώστε να εντοπίσουν όλα τα άτομα που είχαν εκτεθεί στο μολυσμένο άτομο. Αυτές οι εφαρμογές μπορούν να διευκολύνουν

τις αρχές να προσδιορίσουν αποτελεσματικά τους πιθανούς ασθενείς με COVID-19 και να χρησιμοποιήσουν τα κατάλληλα μέτρα.[6]

Το TraceTogether είναι μια τέτοια εφαρμογή ανίχνευσης επαφών που ξεκίνησε από την κυβέρνηση της Σιγκαπούρης, η οποία χρησιμοποιεί την τεχνολογία Bluetooth για να προσδιορίσει το ιστορικό έκθεσης ενός υγιούς ατόμου σε ένα μολυσμένο. Κάθε φορά που δύο άτομα με αυτήν την εφαρμογή στα κινητά τους τηλέφωνα έρχονται σε στενή επαφή μεταξύ τους, ένας κρυπτογραφημένος κωδικός μεταφέρεται μεταξύ των συσκευών τους και αποθηκεύεται στις εφαρμογές τους, υπό την προϋπόθεση ότι το Bluetooth είναι ενεργοποιημένο και στις δύο συσκευές. Εάν κάποιο άτομο με αυτήν την εφαρμογή διαγνωστεί αργότερα με το COVID-19, οι αρχές μπορούν να ελέγξουν τα αρχεία που είναι αποθηκευμένα στην εφαρμογή του για να εντοπίσουν όλα τα άτομα που είχαν έρθει σε στενή επαφή με το μολυσμένο άτομο. Αυτή η εφαρμογή δεν χρησιμοποιεί GPS για να εντοπίσει την τοποθεσία ενός χρήστη, μετριάζοντας έτσι τους φόβους εκείνων που ανησυχούν για το απόρρητό τους. Την 1η Απριλίου 2020, καταγράφηκαν σχεδόν 1 εκατομμύριο λήψεις για αυτήν την εφαρμογή, η οποία παρεμπιπτόντως αποτελεί ρεκόρ για τον υψηλότερο αριθμό λήψεων για μια εφαρμογή που φιλοξενείται από κυβερνητικό ιστότοπο στη Σιγκαπούρη. Ωστόσο, αυτός ο αριθμός εξακολουθεί να μην θεωρείται αρκετός από την κυβέρνηση της Σιγκαπούρης, καθώς η αξιόπιστη λειτουργία αυτής της εφαρμογής απαιτεί συμμετοχή από όλους στη χώρα και 1 εκατομμύριο αντιστοιχεί στο ένα έκτο μόνο του συνολικού πληθυσμού της Σιγκαπούρης.[6]

Υπό το φως της τρέχουσας κρίσης για την υγεία, οι δύο τεχνολογικοί γίγαντες της Silicon Valley, η Apple και η Google, συνεργάστηκαν για να βοηθήσουν κυβερνήσεις και ιατρικές οργανώσεις σε όλο τον κόσμο στην προσπάθειά τους ενάντια στην COVID-19. Σκοπεύουν να αναπτύξουν ένα πλαίσιο διατήρησης της ιδιωτικότητας που ενσωματώνει διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών API (Application Programming Interfaces) και τεχνολογία επιπέδου λειτουργικού συστήματος, για να υποστηρίξει τις εφαρμογές ανίχνευσης δημόσιων επαφών. Σε μια προσπάθεια προστασίας του απορρήτου του χρήστη, το πλαίσιο έχει οριστεί ώστε να χρησιμοποιεί μόνο την τεχνολογία Bluetooth για την παρακολούθηση της εξάπλωσης του COVID-19. Επιπλέον, οι δύο εταιρείες ισχυρίζονται ότι δεδομένα από το smartphone του χρήστη δεν θα διατίθενται σε κανέναν χωρίς τη συγκατάθεση του χρήστη. Το πλαίσιο τους θα επιτρέψει στις εφαρμογές ανίχνευσης επαφών να χρησιμοποιούν την τεχνολογία Bluetooth Low Energy (BLE) για να καταγράφουν τις αλληλεπιδράσεις των ανθρώπων και να παρακολουθούν εάν ένας κάτοχος smartphone έχει έρθει σε επαφή με κάποιον που αργότερα διαγνώστηκε ότι είναι θετικός στον ιό COVID-19. Εάν όντως είναι, αποστέλλεται στον χρήστη μια ειδοποίηση που δηλώνει ότι έχει έρθει σε επαφή με κάποιον που έχει

πλέον διαγνωστεί. Μόλις ειδοποιηθούν, οι χρήστες μπορούν στη συνέχεια να απομονωθούν ή να υποβληθούν σε διαγνωστικό τεστ. [6]

2.7.3 Ανίχνευση επαφών με χρήση τεχνολογίας GPS

Το Global Positioning System (GPS) είναι ένα σύστημα δορυφορικής πλοήγησης που ανήκει και συντηρείται από την κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών και παρέχει στους χρήστες υπηρεσίες εντοπισμού θέσης, πλοήγησης και χρονισμού (PNT - Positioning, Navigation, and Timing) [6]. Αξιοποιώντας αυτήν την τεχνολογία, οι κυβερνητικές αρχές σε όλο τον κόσμο μπορούν να παρακολουθούν την τοποθεσία σε πραγματικό χρόνο, καθώς και την ιστορική τοποθεσία των θετικών ασθενών COVID-19 στη χώρα τους, η οποία μπορεί στη συνέχεια να τους επιτρέψει να εντοπίσουν άλλους πιθανούς ασθενείς με COVID-19. Παρακάτω αναφέρονται οι εφαρμογές ανίχνευσης επαφών δύο χωρών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία GPS.

Το Εθνικό Κέντρο Πληροφορικής, μια υποδιάρθρωση του Υπουργείου Ηλεκτρονικών και Πληροφορικής της Ινδίας, ανέπτυξε πρόσφατα μια εφαρμογή εντοπισμού επαφών με την ονομασία Aarogya Setu για να βοηθήσει στον περιορισμό της εξάπλωσης του COVID-19 στην Ινδία. Κάθε Ινδός πολίτης μπορεί να κατεβάσει αυτήν την εφαρμογή δωρεάν και να εγγραφεί χρησιμοποιώντας τον αριθμό του κινητού του για να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες αυτής της εφαρμογής. Κατά την εκκίνηση της εφαρμογής, ο χρήστης ερωτάται εάν αντιμετωπίζει συμπτώματα COVID-19 ή εάν έχει διεθνές ταξιδιωτικό ιστορικό. Εάν όχι, ο χρήστης ταξινομείται στην πράσινη ζώνη. Αυτή η εφαρμογή επί του παρόντος είναι διαθέσιμη τόσο για χρήστες iOS όσο και για χρήστες Android. Σε αντίθεση με το TraceTogether, χρησιμοποιεί τη θέση GPS του χρήστη κινητού τηλεφώνου εκτός από την τεχνολογία Bluetooth για να προσδιορίσει εάν ένα άτομο έχει εκτεθεί σε οποιονδήποτε πιθανό ασθενή COVID-19 που αναφέρεται στη βάση δεδομένων του. Εάν ένα άτομο που ανήκει στην πράσινη ζώνη έρθει σε επαφή με κάποιον που αργότερα επισημαίνεται ότι ανήκει στην κόκκινη ζώνη, αυτή η εφαρμογή αποστέλλει αμέσως μια ειδοποίηση στον πρώτο, ειδοποιώντας τον για τις οδηγίες που πρέπει να ακολουθήσει. Επιπλέον, αυτή η εφαρμογή παρέχει στους χρήστες της εύκολη πρόσβαση σε σχετικές πληροφορίες για την διαχείριση της πανδημίας. Με την κυκλοφορία της, η Aarogya Setu έγινε αμέσως δημοφιλής στο ινδικό κοινό. Η εφαρμογή συγκέντρωσε πάνω από 10 εκατομμύρια λήψεις σε μόλις πέντε ημέρες από την κυκλοφορία της. Σε απάντηση στις ανησυχίες περί απορρήτου σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας GPS από την εφαρμογή, η κυβέρνηση της Ινδίας διαβεβαίωσε τους πολίτες της ότι τα δεδομένα που συλλέγει η εφαρμογή είναι κρυπτογραφημένα και δεν θα χρησιμοποιηθούν για κανέναν σκοπό εκτός από την ανίχνευση επαφών.[6]

Μια ακόμη εφαρμογή ανίχνευσης επαφών με την ονομασία HaMagen που ξεκίνησε από το Υπουργείο Υγείας του Ισραήλ, προκάλεσε τεράστιο ενδιαφέρον από τις κυβερνήσεις της Ιταλίας, της

Αυστραλίας και της Γερμανίας, μεταξύ άλλων. Η HaMagen χρησιμοποιεί την τεχνολογία GPS για να προσδιορίσει εάν κάποιος χρήστης της εφαρμογής έχει έρθει σε επαφή με κάποιον που έχει υποβληθεί σε διαγνωστικό τεστ που προέκυψε θετικό για την ασθένεια. Καταργώντας τις φήμες σχετικά με τις παγίδες απορρήτου της εφαρμογής, το Υπουργείο Υγείας δήλωσε ότι τα προσωπικά δεδομένα κάθε χρήστη δεν κυκλοφορούν εκτός του προσωπικού τηλεφώνου του χρήστη, χωρίς τη συγκατάθεσή του. Η λειτουργία της εφαρμογής βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις πληροφορίες που ο ίδιος χρήστης εισάγει σχετικά με την έκθεσή του στον ιό. Μέσα στην πρώτη εβδομάδα από την κυκλοφορία της εφαρμογής, περίπου 50.000 χρήστες της εφαρμογής ισχυρίστηκαν ότι είχαν υιοθετήσει το μέτρο της αυτο-απομόνωσης.[6]

2.7.4 Ανίχνευση συμπτωμάτων COVID-19 από δείγματα φωνής

Μετά το ξέσπασμα της πανδημίας, έχουν αναπτυχθεί αρκετές εφαρμογές ανίχνευσης φωνής για τον έλεγχο του COVID-19. Οι εφαρμογές ανίχνευσης φωνής απαιτούν από τους χρήστες να παρέχουν εθελοντικά ένα δείγμα της φωνής τους, βάσει των οποίων η εφαρμογή αποφασίζει εάν ένα άτομο έχει συμπτώματα του ή όχι.

Ένα τέτοιο αυτοματοποιημένο σύστημα τεχνητής νοημοσύνης έχει σχεδιαστεί από μια ομάδα ερευνητών από το Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon για να ανιχνεύει την παρουσία του COVID-19 σε ένα άτομο βάσει της φωνής του. Αφού συνδεθεί ο χρήστης στην εφαρμογή, ζητείται το ύψος και το βάρος του, ακολουθούμενο από αίτημα για βήχα τρεις φορές. Έπειτα, του ζητείται να απαγγείλει δυνατά ένα αλφάβητο και ένα φωνήεν, το οποίο βοηθά τελικά την εφαρμογή στη μέτρηση της πνευμονικής ικανότητας του χρήστη συγκρίνοντάς την με χιλιάδες δεδομένα άλλων χρηστών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που έχουν μολυνθεί. Μέχρι το τέλος αυτής της σύντομης διαδικασίας, ο χρήστης έχει συγκεντρώσει μια βαθμολογία στην κλίμακα του 10. Μια υψηλότερη βαθμολογία δείχνει ότι τα χαρακτηριστικά ενός χρήστη είναι πολύ παρόμοια με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται από ασθενείς με COVID-19. Οι ερευνητές, ωστόσο, προειδοποιούν ότι αυτή δεν είναι μια διαγνωστική διαδικασία και δεν μπορεί ποτέ να υποκαταστήσει τα διαγνωστικά τεστ που διεξάγονται στα νοσοκομεία και τα εργαστήρια.[6]

2.8 Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα επόμενης γενιάς - 5G

Το 5G αναφέρεται στην πέμπτη γενιά ασύρματης τεχνολογίας επικοινωνίας που υποστηρίζει δίκτυα κινητής τηλεφωνίας παγκοσμίως. Σε σύγκριση με το 4G, το 5G αναμένεται να έχει καλύτερη απόδοση από άποψη υψηλότερης ταχύτητας, χαμηλότερης καθυστέρησης, μεγαλύτερου εύρους, αυξημένης διαθεσιμότητας και περισσότερης αξιοπιστίας. Μαζί με άλλες τεχνολογίες όπως το IoT και το AI, η τεχνολογία του δικτύου 5G έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον τομέα της

υγειονομικής περίθαλψης. Η εμπορευματοποίηση της τεχνολογίας 5G στην Κίνα έχει ήδη μεταμορφώσει τον μηχανισμό ανταπόκρισής της στην πανδημία, παρέχοντας καλύτερη βοήθεια στο προσωπικό της πρώτης γραμμής και διευκολύνοντας τη βελτίωση της παρακολούθησης του ιού και των ασθενών, μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων.[6] Παρόλο που η χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών, έξυπνων φορητών συσκευών και εφαρμογών για κινητά μπορούν να αυξήσουν τις λειτουργίες του τομέα της τηλεϊατρικής, η τεχνολογία δικτύου 5G είναι απαραίτητη για την πραγματοποίησή τους (Σχήμα 3).



Σχήμα 3 : Πλατφόρμα παρακολούθησης επιδημιών βασισμένη στο 5g δίκτυο [6]

2.8.1 Τηλεϊατρική

Η απομακρυσμένη διάγνωση και η παρακολούθηση μέσω βίντεο μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό μεταπτώσεων των ασθενών, βλαβών-επιπλοκών, καθώς και για παρακολούθηση ασθενειών. Μπορεί επίσης να μειώσει το κόστος περίθαλψης επιτρέποντας στους γιατρούς να φροντίζουν τους ασθενείς χωρίς να χρειάζονται εξειδικευμένες/προγραμματισμένες επισκέψεις. Η απομακρυσμένη παρακολούθηση μπορεί να είναι χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου οι ασθενείς δεν είναι φυσικά παρόντες στο νοσοκομείο, όπως παρακολούθηση μετά το εξιτήριο, αναγνώριση ασθενών που κινδυνεύουν για επανεισαγωγή και καθημερινές υπενθυμίσεις σε ασθενείς που παίρνουν φάρμακα. Χρησιμοποιώντας αυτήν την τεχνολογία, τα δεδομένα των ασθενών μπορούν να παρακολουθούνται, να καταγράφονται και οι βασικές παράμετροι να μπορούν να διαβιβαστούν πίσω στις ομάδες υγειονομικής περίθαλψης. Η έγκαιρη μεταφορά δεδομένων μπορεί να επιτρέψει πρώιμες διαγνώσεις ασθενών, οδηγώντας σε ευκολότερη θεραπεία και χαμηλότερο κόστος

περίθαλψης. Επιπλέον, η εξ αποστάσεως διαγνωστική τεχνολογία μπορεί να αυξήσει τη διαθεσιμότητα του νοσοκομείου διατηρώντας παράλληλα χαμηλό το κόστος υγειονομικής περίθαλψης των ασθενών, καθώς η ταχύτερη θεραπεία κοστίζει λιγότερο τόσο για τα νοσοκομεία όσο και για τους ασθενείς. [7]

Λόγω του περιορισμένου εύρους ζώνης και της ταχύτητας μεταφοράς δεδομένων, τα υπάρχοντα δίκτυα 4G δεν μπορούν να υποστηρίξουν βίντεο υψηλής ποιότητας σε πραγματικό χρόνο, που αποτελεί ουσιαστική απαίτηση για τηλεδιάσκεψη διαβούλευσης-διάγνωσης. Επιπλέον, τα δίκτυα 4G LTE συχνά εμποδίζουν τη σύνδεση συσκευών IoMT με πλατφόρμες cloud, καθιστώντας τα ως εκ τούτου ανεπαρκή. Για το σκοπό αυτό, το 5G με εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και μετάδοση δεδομένων σε υψηλή ταχύτητα, μπορεί να επιτρέψει στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας να αντιμετωπίσουν αυτά τα ζητήματα. Επιπλέον, οι εφαρμογές εικονικής και επαυξημένης πραγματικότητας (Virtual/Augmented Reality - VR/AR) με μετατροπή σε 5G, μπορούν να επιτύχουν μια διαδραστική εμπειρία στην τηλεϊατρική, όπου θα επιτρέψει στο ιατρικό προσωπικό να παρέχει άμεση τεχνογνωσία σε σχέση με πιθανές επιπλοκές και στρατηγικές θεραπείας.[6]

2.8.2 Ιατρική απεικόνιση

Τα τελευταία χρόνια οι ιατρικές τεχνικές απεικόνισης, όπως τα συστήματα αρχειοθέτησης και επικοινωνίας εικόνων (Picture Archiving and Communication Systems - PACS), έγιναν αναπόσπαστο μέρος της διάγνωσης και της θεραπείας. Σε συνδυασμό με τα κυψελοειδή δίκτυα και τις τεχνολογίες επόμενης γενιάς όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η ανάλυση Big Data, τα PACS μπορούν να προσφέρουν βελτιωμένη ανάλυση και διαχείριση δεδομένων, ενώ απαιτούν ελάχιστη ανθρώπινη προσπάθεια. Στο εξειδικευμένο νοσοκομείο Leishenshan, στη Γουχάν, οι πλατφόρμες ιατρικής απεικόνισης με δυνατότητα 5G επέτρεψαν τη διάγνωση σε πραγματικό χρόνο των ασθενών με COVID-19 και με αυτόν τον τρόπο, απάλλαξαν μέρος του φορτίου από το ιατρικό προσωπικό του νοσοκομείου.[6]

2.8.3 Θερμική εικόνα

Η δημιουργία δικτύων 5G διευκολύνει την ανάπτυξη συστημάτων θερμικής απεικόνισης με δυνατότητα 5G που μπορούν να έχουν διάφορες εφαρμογές στην υγειονομική περίθαλψη. Ένα σύστημα παρακολούθησης θερμικής απεικόνισης 5G+ μπορεί να επιτρέψει την καταγραφή θερμοκρασίας σε πραγματικό χρόνο κινούμενων σωμάτων με μεγάλη ακρίβεια. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τέτοια συστήματα μπορούν στη συνέχεια να μεταδοθούν σε κεντρικό σύστημα παρακολούθησης με εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση χρησιμοποιώντας δίκτυα 5G. Στην περίπτωση του COVID-19, αυτή η λειτουργικότητα μπορεί να σημαίνει 24ωρη παρακολούθηση της

θερμοκρασίας δημόσια. Στην Κίνα, αρκετά συστήματα θερμικής απεικόνισης 5G+ έχουν ήδη ενοποιηθεί σε ρομπότ και μη επανδρωμένα αεροσκάφη, τα οποία έχουν λειτουργούν σε δημόσιους χώρους πολλών πόλεων, με σκοπό την μείωση της εξάπλωσης του COVID-19.[6]

2.9 Autonomous vehicles (AV's)

Σε περιόδους έκτακτης ανάγκης για τη δημόσια υγεία, τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (Unmanned Aerial Vehicles - UAVs), δηλαδή τα drones, μπορούν να προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα. Όχι μόνο μπορούν να διασφαλίσουν την ελαχιστοποιημένη ανθρώπινη αλληλεπίδραση, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να φθάσουν σε δυσπρόσιτες περιοχές. Η Κίνα, η πρώτη χώρα που αντιμετώπισε τον COVID-19, έκανε μεγάλη χρήση της τεχνολογίας drone για την αντιμετώπιση της πανδημίας. Λαμβάνοντας αυτό ως έμπνευση, αρκετές χώρες σε όλο τον κόσμο ένωσαν τις δυνάμεις τους με πολλούς ερευνητές σε μια προσπάθεια να βρουν έξυπνους τρόπους χρήσης drone στη μάχη με τον ιό. [6]

Η τεχνολογία drone είναι ευεργετική για τη μείωση της εξάπλωσης του κινδύνου COVID. Η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας είναι παρόμοια με την τεχνολογία ρομπότ. Χρησιμοποιείται για διάφορες εφαρμογές όπως η παράδοση τροφής, η παρακολούθηση μιας πληγείσας περιοχής κ.λπ.. Παρακάτω αναφέρονται σημεία στα οποία τα drones χρησιμοποιούνται για να μειώσουν τον κίνδυνο COVID[12]:

- Μέτρηση της θερμοκρασίας με τη βοήθεια θερμικής κάμερας βασισμένη σε σύστημα AI
- Διατήρηση των κοινωνικών αποστάσεων κοντά σε πληγείσες περιοχές χρησιμοποιώντας σύστημα drone με ηχείο για την αποφυγή του δευτερογενούς κινδύνου
- Παροχή βοήθειας στην καραντίνα
- Αναγνώριση προσώπου με τη βοήθεια κάμερας με δυνατότητα επεξεργασίας Big-Data
- Παράδοση ιατρικού εξοπλισμού και μεταφορά δειγμάτων ασθενών για εξέταση (εξοικονόμηση χρόνου)
- Παρακολούθηση δημόσιων χώρων και αγροτικών περιοχών
- Διατήρηση της τάξης κοντά στις πληγείσες περιοχές συνδέοντας κάμερα και μεγάφωνο στο drone

Στο Κεφάλαιο 3^ο: *Ενσωμάτωση των drones στον τομέα της υγείας* θα διερευνηθεί εκτενώς η ποικιλία εφαρμογών της χρήσης των drones καθώς και τα πολυάριθμα οφέλη που μπορούν να

παρέχουν από την άποψη της διαχείρισης της πανδημίας COVID-19, οποιασδήποτε άλλης μελλοντικής επιδημίας και γενικότερα στον τομέα της υγείας.

2.10 Προκλήσεις

Κατά την ανάπτυξη και την εφαρμογή σχεδόν όλων των ανωτέρων καινοτομιών υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που εμποδίζουν την πλήρη εκμετάλλευση της τεχνολογικής προόδου και αποτελούν τροχοπέδη στην εξέλιξη και την ολική εφαρμογή τους στην καθημερινή ζωή. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι διαφορετικής φύσεως όπως για παράδειγμα η προστασία της ιδιωτικότητας, η ασφάλεια, η έλλειψη γνώσεων ή μέσων, ανεπάρκεια υποδομών κ.ά.. Παρακάτω αναφέρονται μερικές από τις προκλήσεις που δημιουργούν τέτοιοι παράγοντες, οι οποίες καλούνται να αντιμετωπιστούν στους διάφορους τομείς που αναφέρθηκαν.

i. Τεχνητή Νοημοσύνη

Επί του παρόντος, τα συστήματα AI βρίσκονται ακόμη σε προπαρασκευαστικά στάδια. Για να αποδώσουν αξιόπιστα και ακριβή αποτελέσματα, τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης απαιτούν σημαντικό αριθμό εκπαιδευτικών δεδομένων. Ωστόσο, λόγω της άνευ προηγουμένου φύσης της πανδημίας, υπάρχει έλλειψη ιστορικών δεδομένων για την εκπαίδευση μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης, γεγονός που κατά συνέπεια κατέστησε αρκετά μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης ανεπαρκή. Επιπλέον, η ύπαρξη ψευδών δεδομένων έχει επίσης αποτελέσει πρόκληση στην αποτελεσματική χρήση τεχνολογιών AI. Ιδίως τα μοντέλα μηχανικής μάθησης, συναντούν ακόμη μια δυσκολία, που είναι η παραδοχή ότι όλες οι πιθανές απρόβλεπτες καταστάσεις σε κάθε δεδομένη κατάσταση είναι οι ίδιες με αυτές που παρουσιάζονται στο σύνολο δεδομένων που έχουν εκπαιδευτεί.

Ένας άλλος περιορισμός που αντιμετωπίζουν τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, σχετίζεται με την παρακολούθηση του πλήθους και την παραβίαση της ιδιωτικής ζωής. Παρόλο που προς το παρόν, οι άνθρωποι αναγνωρίζουν ότι οι ανησυχίες για τη δημόσια υγεία είναι πιο σημαντικές από τις ανησυχίες για την ιδιωτικότητα των δεδομένων, οι παγίδες ιδιωτικότητας που σχετίζονται με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης έχουν προκαλέσει στο κοινό μια αίσθηση φόβου ότι οι κυβερνήσεις θα συνεχίσουν να παρακολουθούν ακόμη και μετά τη λήξη της πανδημίας.

ii. Δίκτυα 5g

Δεδομένου ότι η ανάπτυξη των δικτύων 5G βρίσκεται ακόμη σε αρχικά στάδια, μία από τις παγίδες τους είναι η έλλειψη υποδομής για την υποστήριξη της λειτουργίας τους. Επιπλέον, το υψηλό κόστος που συνδέεται με την εγκατάσταση και τη συντήρηση των δικτύων 5G έχει

δυσκολεύει την ανάπτυξή τους από κυβερνήσεις και τηλεπικοινωνιακούς φορείς. Επιπλέον, προς το παρόν, δεν υπάρχουν επαρκείς κανονισμοί που να ρυθμίζουν τη χρήση των προσωπικών δεδομένων ενός ασθενούς που συλλέγονται χρησιμοποιώντας συστήματα υγειονομικής περίθαλψης 5G. Παρόλο που η ευρεία κλίμακας ανάπτυξη δικτύων 5G στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης είναι πιθανό να διαρκέσει μερικά χρόνια, τα οφέλη που θα προκύψουν είναι ήδη γνωστά και αφορούν την βελτίωση της ποιότητας ιατρικών υπηρεσιών και την εμπειρία των ασθενών, την μείωση του κόστους της ιατρικής περίθαλψης και την ελαχιστοποίηση του φόρτου για το προσωπικό υγειονομικής περίθαλψης.[6]

iii. Φορετές συσκευές

Παρόλο που οι φορετές συσκευές έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην καταπολέμηση της πανδημίας COVID-19, υπάρχουν αρκετές δυσκολίες. Λόγω των επιβαλλόμενων lockdowns, της διακοπής εφοδιασμού και τους περιορισμούς του εμπορίου, η παράδοση αυτών των συσκευών είναι δύσκολη σε αρκετές περιοχές. Επίσης, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας των έξυπνων φορετών συσκευών είναι συνήθως υπό αμφισβήτηση. Η αναγκαία συχνή φόρτιση φορετών συσκευών, συχνά αποτρέπει τους χρήστες από την αγορά αυτών των συσκευών. Δεν πρέπει να αγνοηθεί ακόμη το γεγονός ότι δεν υπάρχουν σαφείς οδηγίες σχετικά με τη χρήση των ιδιωτικών δεδομένων που συσσωρεύονται χρησιμοποιώντας τέτοιες συσκευές, γεγονός που δημιουργεί πλήθος προβλημάτων ασφάλειας και απορρήτου. Είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί ότι η ανάπτυξη τέτοιων φορετών συσκευών πραγματοποιείται λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη την προστασία και της ιδιωτικής ζωής των χρηστών.

iv. Mobile Apps

Παρόλο που πολλοί άνθρωποι αναγνωρίζουν τον σημαντικό ρόλο των εφαρμογών στην ανίχνευση κοινωνικών επαφών εν μέσω πανδημίας, αρκετοί είναι αυτοί που πιστεύουν ότι οι εφαρμογές αυτές, παρότι ισχυρίζονται πως σέβονται το απόρρητο των χρηστών, δεν είναι ασφαλείς και μπορούν να κάνουν κατάχρηση της ιδιωτικής ζωής των ατόμων. Εκτός από τα ζητήματα απορρήτου που σχετίζονται με τη χρήση εφαρμογών ανίχνευσης επαφών, πολλά ζητήματα όσον αφορά την ακρίβεια και την αξιοπιστία εμποδίζουν επίσης την απόδοσή τους [6].

Γενικότερη πρόκληση στην αντιμετώπιση της πανδημίας όπως έχει καταστεί προφανές, είναι το γεγονός ότι οι κυβερνήσεις και οι υπηρεσίες υγείας δεν μπορούν να νικήσουν την τρέχουσα κρίση υγείας χωρίς την υποβοήθηση τεχνολογικών εργαλείων. Άνθρωποι σε όλο τον κόσμο καλούνται να

συνεργαστούν συλλογικά με τις κυβερνήσεις τους για να επισπεύσουν το τέλος αυτής της πανδημίας και να επανέλθουν τα πράγματα στην ομαλότητα. Για παράδειγμα, τα περισσότερα από τα εργαλεία που αναφέρονται παραπάνω απαιτούν την υποστήριξη των πολιτών για να αποδώσουν καρποφόρα αποτελέσματα. Η απλή παρουσία τεχνολογιών όπως τα έξυπνα θερμόμετρα και οι έξυπνες φορητές συσκευές δεν έχουν νόημα εκτός αν οι άνθρωποι είναι πρόθυμοι να τις χρησιμοποιήσουν. Η χρήση πλατφορμών τηλεϊατρικής είναι άνευ σημασίας εκτός εάν οι ασθενείς είναι πρόθυμοι να εμπιστευτούν τους ειδικούς στον τομέα της υγείας. Ακόμη και οι πιο απλές εφαρμογές ανίχνευσης επαφών είναι άχρηστες, εκτός εάν οι άνθρωποι είναι πρόθυμοι να τις χρησιμοποιήσουν όταν βγαίνουν έξω από τα σπίτια τους. Οι ενέργειες που αναλαμβάνονται όχι μόνο από τις κυβερνήσεις, αλλά και από τους πολίτες, θα επηρεάσουν την έκταση της πανδημίας COVID-19 στην συνέχειά της.

Κεφάλαιο 3^ο: Ενσωμάτωση των drones στον τομέα της υγείας

3.1 Εισαγωγή

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στη ρομποτική επέτρεψαν στις εταιρείες να δημιουργήσουν νέα συστήματα για την προετοιμασία παραγγελιών, τη διαχείριση αποθεμάτων, την παράδοση. Ο όρος μη επανδρωμένο εναέριο όχημα, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) επινοήθηκε για πρώτη φορά στη δεκαετία του 1980 για να περιγράψει αυτόνομα ή τηλεχειριζόμενα εναέρια οχήματα πολλαπλών χρήσεων που οδηγούνται μέσω αεροδυναμισμού και είναι ικανά να φέρουν ωφέλιμο φορτίο. Αυτός ο ορισμός πλαισιώνει τη διάκριση μεταξύ UAV από άλλα εναέρια συστήματα, όπως βαλλιστικά οχήματα, ανεμόπτερα, μπαλόνια και πύραυλοι κρουζ. Ο πιο αποδεκτός όρος στους επαγγελματικούς κύκλους είναι τα μη επανδρωμένα εναέρια συστήματα, Unmanned Aerial Systems (UAS), αναφέρεται σε ένα ή περισσότερα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα σε συνδυασμό με ένα τερματικό δεδομένων, με μια διάταξη αισθητήρων και μια ηλεκτρονική σύνδεση δεδομένων στο όχημα. Εναλλακτική ονομασία για τα UAVs αποτελεί ο όρος drones. [13]

Σήμερα, τα drones είναι ιπτάμενες συσκευές που ελέγχονται εξ αποστάσεως από ένα άτομο ή έναν υπολογιστή, έχουν γίνει πραγματικά εργαλεία εργασίας και τα πεδία εφαρμογής τους γίνονται συνεχώς ευρύτερα. Εκτός από τα Big Data, την τεχνητή νοημοσύνη, τα ιατρικά ρομπότ και άλλες τεχνολογίες, τα UAVs έχουν γίνει δημοφιλή για την προσαρμοστικότητά τους και το γεγονός ότι είναι μια εκτεταμένη τεχνολογία που είναι εύκολη στην εφαρμογή. Τα τελευταία χρόνια, η ρομποτοποίηση και η αυτοματοποίηση διαδικασιών έχουν αυξηθεί εξαιρετικά. Τα πλεονεκτήματα ενός drone είναι η ταχύτητά του και το χαμηλό κόστος, ενώ η χωρητικότητά του και ο συνολικός χρόνος ταξιδιού είναι περιορισμένοι. Αυτά τα όρια δημιούργησαν την ιδέα της παράδοσης στο last-mile, δηλαδή στο τελευταίο στάδιο της μεταφοράς. [14]

3.1.1 Ιστορική αναδρομή σε παρόμοιες τεχνολογίες/στην χρήση drones

Η ανάπτυξη των drones είναι βαθιά ριζωμένη στη στρατιωτική ιστορία. Το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ μαζί με μια ομάδα Βρετανών ερευνητών στο Ordnance College του Woolwich πειραματίστηκαν για πρώτη φορά με εναέριας τορπίλες σε μια προσπάθεια να πολεμήσουν τα γερμανικά U-boat στον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο. Αυτές οι προσπάθειες τροφοδότησαν την έρευνα για αεροσκάφη χωρίς πιλότους. Από το 1922 έως το 1925, το Πολεμικό Ναυτικό δοκίμασε συστήματα ραδιοελέγχου στο αεροσκάφος N-9, με την πραγματοποίηση της πρώτης επιτυχημένης ραδιοελεγχόμενης πτήσης το 1924. [13]

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη είχαν την αρχική τους χρήση ως στόχοι πρακτικής ακρίβειας όπλων στον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Το 1942, το Πολεμικό Ναυτικό ανέπτυξε ένα τηλεκατευθυνόμενο drone που έφερε μια τορπίλη. Αυτά τα drones, που ονομάζονται TDR-1, σχεδιάστηκαν με συστήματα καθοδήγησης τηλεόρασης και ελέγχονταν από ένα αεροσκάφος που ακολουθούσε. Την ίδια στιγμή, η Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ, μέσω μιας παρόμοιας επιχείρησης με το όνομα Aphrodite Project, μετέτρεψε παλιά βομβαρδιστικά αεροσκάφη Boeing σε μη επανδρωμένα αεροσκάφη εξοπλισμένα με συστήματα ραδιοελέγχου, τηλεοπτικές κάμερες και 18.000 λίβρες εκρηκτικά. [13]

Κατά τη διάρκεια του πολέμου της Κορέας, τα μαχητικά αεροσκάφη Hellcat μετατράπηκαν σε drones και φορτώθηκαν με 1000 λίβρες εκρηκτικά. Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν σε μια προσπάθεια να καταστρέψουν σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής και σιδηροδρομικές γραμμές της Βόρειας Κορέας. Στη δεκαετία του 1950, το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ ανέπτυξε το πρώτο επιχειρησιακό μη επανδρωμένο ελικόπτερο που δημιουργήθηκε σε μια προσπάθεια να αντιμετωπίσει την απειλή των σοβιετικών υποβρυχίων. Το ελικόπτερο QH-50 ελεγχόταν εξ' αποστάσεως και μετέφερε τορπίλες, συσκευές σόναρ ή πυρηνικά φορτία. Ταυτόχρονα, η Ryan Aeronautical Company δημιούργησε ένα αεριοθούμενο, υποηχητικό μη επανδρωμένο αεροσκάφος που ονομάζεται Firebee, για εξάσκηση στόχων. Στη δεκαετία του 1960, η εταιρεία τροποποίησε αυτά τα αεροσκάφη σε αναγνωριστικά drones που ονομάζονταν Lightning Bugs, με εμβέλεια 2500 μιλίων. Ο πόλεμος του Βιετνάμ έγινε ο πρώτος πόλεμος στον οποίο οι Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποίησαν εκτενώς την τεχνολογία drone, με 3435 αποστολές UAV που αναπτύχθηκαν μεταξύ 1964 και 1975. Αυτές οι αποστολές πραγματοποιήθηκαν από τους Lightning Bugs και χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για αναγνώριση και αναχαίτιση πυραύλων. Τα drones έτυχαν μεγαλύτερης προσοχής μετά τη χρήση τους κατά τη διάρκεια του Πολέμου του Γιομ Κιπούρ το 1973. Το Ισραήλ χρησιμοποίησε τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη για παροχή κρίσιμων εικόνων σε πραγματικό χρόνο εχθρικών απειλών και στόχων. Η αυξημένη συνεργασία μεταξύ των Ηνωμένων Πολιτειών και του Ισραήλ οδήγησε στην απόκτηση του ισραηλινού αεροσκάφους Pioneer από το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν πολύ αποτελεσματικά κατά τη διάρκεια του πολέμου του Περσικού Κόλπου. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1990, τα drones είχαν γίνει ένα κρίσιμο συστατικό των αρκετών εθνικών στρατευμάτων. [13]

Σε απάντηση ενός αιτήματος του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ το 1996, η USAF ανέπτυξε το μη επανδρωμένο αεροσκάφος Predator, ένα τηλεκατευθυνόμενο αεροσκάφος με δυνατότητες αναγνώρισης, πληροφοριών και επιτήρησης. Μετά τις επιθέσεις της 11ης Σεπτεμβρίου 2001, οι Predators εξοπλίστηκαν με πυραύλους Hellfire και χρησιμοποιήθηκαν για να πολεμήσουν τον Πόλεμο κατά της Τρομοκρατίας που κήρυξε η κυβέρνηση George Bush. Στη συνέχεια, ο στρατός των

ΗΠΑ ανέπτυξε το MQ-9 Reaper, το οποίο μπορεί να μεταφέρει 8 πυραύλους Hellfire και να πετάει δύο φορές ψηλότερα και γρηγορά από το Predator. Έχει επίσης βελτιωμένες δυνατότητες απεικόνισης, επιτρέποντάς του να διακρίνει καλύτερα αντικείμενα στο έδαφος, όπως πακέτα εκρηκτικών και πεζούς. Το Reaper εξακολουθεί να είναι ένα από τα πιο ισχυρά στρατιωτικά drones που χρησιμοποιούνται και ένα από τα πιο αμφιλεγόμενα όπλα πολέμου. [13]

Από το 2000, τα drones άρχισαν να χρησιμοποιούνται πιο συχνά σε μη στρατιωτικές δραστηριότητες. Έχουν γίνει πιο προσιτά, βοηθώντας πολλούς τύπους επιχειρήσεων να τα χρησιμοποιούν σε διάφορες δραστηριότητες, όπως επιθεώρηση, εναέρια τοπογραφία, ανίχνευση επιβλαβών αερίων, ιατρικοί σκοποί, περιβαλλοντική χαρτογράφηση, γεωργία και υπηρεσίες παράδοσης[14]. Στην συνέχεια αναφέρονται μερικά παραδείγματα από αυτές.

- i. **Ανίχνευση Επιβλαβών Αερίων:** Τα drones εξοπλισμένα με αισθητήρες IoT παίζουν εξαιρετικό ρόλο στην ανίχνευση επιβλαβών αερίων ειδικά στα ανθρακωρυχεία, καθώς πολλές ζωές χάνονται σε ατυχήματα που συμβαίνουν συχνά στα ανθρακωρυχεία. Με τη βοήθεια των drones και της τεχνολογίας IoT μπορούν εύκολα να εντοπίζονται επιβλαβή αέρια στον χώρο ούτως ώστε να μπορούμε να αποτρέψουμε κάθε είδους ατυχήματα.[8]
- ii. **Ιατρικοί σκοποί:** Και πριν το ξέσπασμα της πανδημίας COVID-19, τα drones είχαν ήδη αρκετές εφαρμογές στον χώρο της υγείας. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι και η μεταφορά ιατρικού εξοπλισμού στον ασθενή σε επείγουσες καταστάσεις, όπως θα δούμε στην υποενότητα 3.5 μαζί με ορισμένες ακόμη εφαρμογές στον τομέα της υγείας.[8]
- iii. **Περιβαλλοντική χαρτογράφηση:** Η περιβαλλοντική χαρτογράφηση γίνεται κυρίως κατά τη διάρκεια επιχειρήσεων διάσωσης όταν συμβαίνει κάποια φυσική καταστροφή. Μπορούμε να χαρτογραφήσουμε μια δεδομένη περιοχή χρησιμοποιώντας drones ούτως ώστε να γνωρίζουμε την τοποθεσία των ανθρώπων που περιμένουν βοήθεια. Εκτός των περιπτώσεων της φυσικής καταστροφής, τα drones μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιπλέον για να ειδοποιήσουν τις αρμόδιες αρχές ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα σε περίπτωση τροχαίων ατυχημάτων.[8]
- iv. **Γεωργία:** Τα drones μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στη γεωργία, για τον ψεκασμό των χωραφιών με καθορισμένη ποσότητα φυτοφαρμάκου. Χαρτογραφώντας ολόκληρο το χωράφι, μπορούν επίσης να γνωρίζουν τα σημεία όπου στεγνώνει το έδαφος και πρέπει να ποτιστούν αμέσως. Αυτή η τεχνολογία μπορεί να είναι γενικότερα χρήσιμη για την κάλυψη μεγάλων περιοχών.[8]

- v. **Drones παράδοσης:** Γενικά, κατά την παραγγελία αγαθών, η σύντομη παράδοση είναι ένας κρίσιμος παράγοντας. Μπορεί να υπάρξει καθυστέρηση στη διαδικασία παράδοσης λόγω πολλών παραγόντων, όπως η κίνηση κλπ. Αλλά με τη χρήση drones μπορούμε να επιταχύνουμε τη διαδικασία παράδοσης έτσι ώστε οι πελάτες καθώς και οι ιδιοκτήτες να είναι ικανοποιημένοι.[8]
- vi. **Επιτήρηση:** Τα drones, εκτός από τις περιπτώσεις φυσικών καταστροφών, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια καταστροφών σε πεδία πολέμου. Υπάρχουν ήδη πολλές εφαρμογές και στον στρατό από διάφορες κυβερνήσεις, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Μπορούμε, για παράδειγμα, εύκολα να εντοπίσουμε την παράνομη διείσδυση των αντίπαλων στρατευμάτων, ώστε να μπορέσουμε να αναλάβουμε αμέσως αντίστοιχες ενέργειες.[8]

3.1.2 Τεχνολογία των drones

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (UAVs/drones) περιλαμβάνουν τα Unmanned Aircrafts (UA), Remotely Operated Aircrafts (ROA), Remotely Piloted Vehicles (RPV) και Remotely Piloted Aircrafts (RPA), τα οποία έχουν ικανότητα κάθετης απογείωσης και προσγείωσης. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη είναι κατασκευασμένα από ελαφριά σύνθετα υλικά για μείωση βάρους και βελτίωση της ικανότητας ελιγμών. Αυτή η ανθεκτικότητα από σύνθετο υλικό βοηθά στην πτήση σε εξαιρετικά μεγάλα ύψη με στρατιωτικά drones. Τα drones είναι εξοπλισμένα με διάφορες τεχνολογίες αιχμής, συμπεριλαμβανομένων υπέρυθρων καμερών, GPS και λέιζερ (καταναλωτικά, εμπορικά και στρατιωτικά UAV). Λειτουργούν με συστήματα τηλεχειρισμού εδάφους (Ground Control Systems - GSC) που ονομάζονται επίγεια πιλοτήρια. Υπάρχουν δύο στοιχεία σε κάθε σύστημα μη επανδρωμένων οχημάτων, το ίδιο το drone και το σύστημα ελέγχου. Στην μύτη των μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων βρίσκονται όλοι οι αισθητήρες και τα συστήματα πλοήγησης. Το υπόλοιπο σώμα είναι γεμάτο με συστήματα τεχνολογίας drone, καθώς δεν υπάρχει χώρος για πλήρωμα. [15]

Τα συστήματα τεχνολογίας που φέρουν τα drones, δηλαδή τα ωφέλιμα φορτία, μπορεί να περιλαμβάνουν εξοπλισμό τηλεπισκόπησης, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτροοπτικής με έγχρωμες, υπέρυθρες, πολυφασματικές και υπερφασματικές κάμερες. Άλλες επιλογές είναι συνθετικό ραντάρ διαφράγματος, ραντάρ ανίχνευσης φωτός και εμβέλειας, ραντάρ διείσδυσης στο έδαφος, αισθητήρες άμεσης μέτρησης (αερίων, σωματιδίων και μετεωρολογικοί), εξοπλισμός επικοινωνιών (λήψη/μετάδοση) και φορτίο. [13]

Τα drones έχουν γίνει φθηνότερα επειδή πολλές λειτουργίες ελέγχου μπορούν να εφαρμοστούν σε λογισμικό αντί να χρειάζεται να εξαρτώνται από ακριβό υλικό. Αυτό καθιστά δυνατή τη χρήση ενός μόνο UAV για πολλές εφαρμογές. Πρόσφατες εξελίξεις έχουν σημειωθεί σε υλικό, τεχνολογία

και δίκτυα αποκλειστικά για drones. Τα ελαφριά σύνθετα υλικά και τα παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης (GPS) επιτρέπουν αποτελεσματική πτήση. Επιπλέον, οι μπαταρίες λιθίου βελτιώνονται γρήγορα, ώστε τα drones να μπορούν να πετάξουν περισσότερο χρόνο με μια φόρτιση. Το drone μπορεί να παρακολουθείται και να πλοηγείται χρησιμοποιώντας συσκευές κινητού τηλεφώνου, tablet ή υπολογιστή. Επίσης, δίνεται προαιρετικά η δυνατότητα επαφής με κέντρο ελέγχου, μέσω μιας κάμερας web στο αεροσκάφος. [15]

Όσον αφορά την μέθοδο πλοήγησης, ως εναέριο όχημα χωρίς ανθρώπινο πιλότο, η πτήση ενός UAV είναι δύο τύπων [8]:

- (i) Με τηλεχειριστήριο που χειρίζεται ο άνθρωπος
- (ii) Αυτόνομη από υπολογιστή επί του αεροσκάφους

Η πτήση των drones αυτοματοποιείται με τον καθορισμό σημείων διαδρομής στο λογισμικό σχεδιασμού αποστολών. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα να παρακολουθήσουμε την κατάσταση των drones μέσω του λογισμικού. Επιπλέον, μπορεί να επιτυγχάνεται αλλαγή της θέσης του χειριστή εν μέσω πτήσης χρησιμοποιώντας τηλεμετρική επικοινωνία. Τα drones θα πρέπει να μπορούν να πετάξουν σε οποιαδήποτε κατάσταση φωτισμού.[8]

Τα UAVs χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες με βάση τα πτερύγιά τους [15]:

- (i) UAVs σταθερών πτερυγίων
- (ii) UAVs περιστροφικών πτερυγίων

Κάθε κατηγορία έχει τις δικές της αδυναμίες και δυνατά σημεία. Για παράδειγμα, τα UAVs σταθερών πτερυγίων έχουν συνήθως υψηλή ταχύτητα και βαρύ ωφέλιμο φορτίο, αλλά πρέπει να διατηρούν συνεχή κίνηση προς τα εμπρός για να παραμείνουν στον αέρα.[15]

Ειδικότερα, με βάση τον τύπο της εναέριας πλατφόρμας τους, τα drones ταξινομούνται σε τέσσερις μικρότερες κατηγορίες [8]:

- i. **Multicopter drones:** Drones κατασκευασμένα από πολλαπλούς κινητήρες ονομάζονται drones πολλαπλών στροφείων (Εικόνα 4). Κατατάσσονται με βάση τον αριθμό των στροφείων σε τρικόπτερο (3 ρότορες), τετράπτερο (4 ρότορες), εξάπτερο (6 ρότορες), οκτόπτερο (8 ρότορες).
- ii. **Fixed-wing drone:** Ο σχεδιασμός των σταθερών πτερυγίων είναι εντελώς διαφορετικός από τα drones πολλαπλών στροφείων. Αυτός ο τύπος drone έχει σχήμα φτερού (Εικόνα 5). Δεν μπορεί να σταθεί ακίνητο, το οποίο οδηγεί σε χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και μεγαλύτερο χρόνο πτήσης.

- iii. **Single rotor helicopter:** Ο σχεδιασμός του drone ενός ρότορα είναι παρόμοιος με του ελικοπτερου. Αποτελείται από έναν μεγάλο ρότορα και έναν με μικρό μέγεθος κοντά στην ουρά του drone (Εικόνα 6). Αυτός ο τύπος drone έχει μεγαλύτερους χρόνους πτήσης και την δυνατότητα να κινούνται με κινητήρες αερίου.
- iv. **Fixed-wing hybrid VTOL:** Αυτή η υβριδική έκδοση συνδυάζει τα πλεονεκτήματα τόσο του μοντέλου σταθερού πτερυγίου (μεγάλος χρόνος πτήσης) όσο και του κινητήρα με στροφέα (δυνατότητα αιώρησης). Στη Εικόνα 7 απεικονίζεται ένα υβριδικό drone σταθερού πτερυγίου VTOL.



Εικόνα 4 : Multirotor drone με 8 ρότορες [8]



Εικόνα.5 : Fixed-wing drone [8]



Εικόνα.6 : Single rotor helicopter [8]



Εικόνα 7 : Fixed-wing hybrid VTOL [8]

3.2 Μεθοδολογία έρευνας

3.2.1 Στόχος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Στόχος της παρούσας βιβλιογραφικής έρευνας είναι να εξετάσει αν η τεχνολογία των drones έχει ενεργό ρόλο στον τομέα της υγείας και αν μπορεί να βοηθήσει ως συμπληρωματικό εργαλείο στην κάλυψη των νέων αναγκών που έχει προκαλέσει η πανδημία COVID-19, τόσο στους ασθενείς και στον περιορισμό της μετάδοσης, όσο και στην στήριξη του υγειονομικού προσωπικού. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μία μελέτη επιστημονικών ερευνών που εξετάζουν τις υπάρχουσες εφαρμογές των drones σε διαφορετικούς τομείς της υγείας αλλά και της καθημερινότητας των πολιτών. Επιμέρους σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της βελτίωσης των πρακτικών που ήδη χρησιμοποιούνται με την υποστήριξη της τεχνολογίας των drones και ο βαθμός κάλυψης των αναγκών που έχουν προκύψει στην πρόληψη, στη διάγνωση, στον περιορισμό του ιού και στην ποιότητα ζωής.

3.2.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Στην συγκεκριμένη έρευνα γίνεται μελέτη της εφαρμογής των drones στο πλαίσιο αντιμετώπισης της πανδημίας μέσω της επίλυσης των δυσκολιών και της κάλυψης των αναγκών που προέκυψαν από τον COVID-19. Ειδικότερα, ερευνάται η χρήση drones με στόχο τα παρακάτω:

- Παρακολούθηση του πλήθους (Crowd surveillance)
- Δημόσιες Ανακοινώσεις
- Απομακρυσμένη επίβλεψη ασθενών
- Μαζικός έλεγχος συμπτωμάτων και θερμομετρήσεις
- Απολυμάνσεις
- Διανομή και προμήθεια ιατρικών αγαθών και φαρμάκων
- Καταγραφή πληροφοριών των ασθενών
- Έλεγχος εφαρμογής των επιβαλλόμενων μέτρων (lockdown/χρήση μάσκας)

Οι παραπάνω καινοτόμες χρήσεις των drones δημιουργούν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Διευκολύνει το έργο καταπολέμησης του ιού από τις κυβερνητικές οργανώσεις η χρήση drones;
- Συμβάλει η χρήση των drones στην προφύλαξη των ατόμων από τον ιό;
- Μπορεί αυτή η τεχνολογία να διευκολύνει την διαδικασία περίθαλψης των ασθενών;
- Είναι εφικτό να συλλέγονται χρήσιμες πληροφορίες για την μεταδοτικότητα και την φύση του ιού με την χρήση της εν λόγω τεχνολογίας;
- Διακυβεύονται τα προσωπικά δεδομένα και η ιδιωτικότητα των πολιτών από την χρήση των drones;
- Αποτελεί η χρήση drones μία επίσημη κατάσταση για την οικονομία του κράτους;

3.2.3 Πηγές δεδομένων

Τον Μάιο του 2021 διεξήχθη ηλεκτρονική αναζήτηση στις παρακάτω ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων:

- IEEE Explore (<http://ieeexplore.ieee.org/>)
- Science Direct (<http://www.sciencedirect.com/>)
- Scopus (<https://www.scopus.com/>)

Χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένοι όροι και προτάσεις στο πεδίο αναζήτησης της κάθε βάσης “drones”, “UAVs”, “IoMT and Covid-19”, “UAV and healthcare”, “drones and Covid-19

surveillance”, “Covid-19 and economy”, “UAVs and medical supply”, “drones for medical purposes”. Ως εύρος ετών ορίστηκε το 2019 μέχρι το 2021, ενώ δεν εφαρμόστηκαν επιπλέον περιορισμοί.

3.2.4 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, δηλαδή μία συλλογή από συγκεκριμένες δημοσιεύσεις, άρθρα και πηγές οι οποίες έχουν επιλεγεί λόγω της συσχέτισης τους με το θέμα και το αντικείμενό της. Η επιλογή των άρθρων έγινε με βάση τον τίτλο και την περίληψη του καθενός. Η συλλογή των πηγών ακολουθήθηκε από μια μετάφραση στην Ελληνική γλώσσα, εντοπισμό και απομόνωση των σημείων που σχετίζονται με την παρούσα εργασία, αναφορά των πληροφοριών της κάθε έρευνας, κριτική ανάλυση του περιεχομένου, σχολιασμό και παράθεση των αποτελεσμάτων τους. Στη συγκεκριμένη εργασία η βιβλιογραφική ανασκόπηση αφορά κυρίως επιστημονικά άρθρα, και αναφορές από δοκιμαστικά προγράμματα ή πειράματα. Τα επιστημονικά άρθρα και οι μελέτες που εντοπίστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν είναι 25. Το υπό εξέταση θέμα φαίνεται να μη θίγεται προς το παρόν εκτενώς από την ελληνική βιβλιογραφία, παρόλα αυτά, στη διεθνή βιβλιογραφία εντοπίζεται μεγάλη έξαρση σε δημοσιεύσεις, άρθρα, έρευνες και μελέτες τον τελευταίο χρόνο. Αυτό εξηγείται λόγω της πρόσφατης εμφάνισης της πανδημίας που μεταξύ άλλων τάραξε όλο τον επιστημονικό κόσμο στον τομέα της βιοϊατρικής τεχνολογίας.

Η εργασία υλοποιήθηκε με σκοπό τη σύνταξη βιβλιογραφικής ανασκόπησης δεδομένων για την εφαρμογή είτε νέων τεχνολογιών είτε βελτίωση των υπάρχοντων, σε διάφορους τομείς της υγείας. Η ανασκόπηση αυτή ακολουθεί μια μέθοδο έρευνας για συλλογή, διαχωρισμό και τη κριτική επεξεργασία επιστημονικών άρθρων, ερευνών και δεδομένων, τα οποία αφορούν το θέμα που εξετάζεται. Σκοπός της ανασκόπησης είναι η δημιουργία ενός σώματος κειμένου, το οποίο θα συγκεντρώνει υπάρχουσες μελέτες και έρευνες, με κύριο στόχο να ενημερώσει τον αναγνώστη και να κεντρίσει το ενδιαφέρον των ερευνητών για περαιτέρω έρευνα στις τεχνολογίες που παρουσιάζονται.

3.2.5 Ανάλυση δεδομένων

Μετά από τη συγκέντρωση ερευνών και επιστημονικών άρθρων από την ηλεκτρονική αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων που αναφέρθηκαν, ακολούθησε μία συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση. Τα άρθρα και οι πηγές επιλέχθηκαν με ποιοτική αξιολόγηση ως προς τους διακεκριμένους συγγραφείς, τις αρχές της επιστημονικής έρευνας και τέλος με βάση την ημερομηνία συγγραφής τους, δηλαδή το πόσο πρόσφατα είναι. Το τελευταίο χαρακτηριστικό απορρέει από την φύση του θέματος της εργασίας, καθώς αφορά έναν εντελώς καινούργιο τομέα που δημιούργησε η πανδημία. Όλες οι μελέτες που αναφέρονται στον κορμό της εργασίας είναι στην αγγλική γλώσσα. Η εξέταση του κάθε άρθρου ξεκινούσε από τον τίτλο και την περίληψή του, ώστε να εντοπιστούν

γρηγορότερα τα σημεία συσχέτισής του με την παρούσα εργασία. Έπειτα, η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με την δομή του κάθε άρθρου, η οποία έγινε προσπάθεια να διατηρηθεί στο μέγιστο, ώστε να υπάρχει συνοχή και να αποφευχθούν τα λογικά άλματα. Υπήρξαν περιπτώσεις όπου μετά την εξ ολοκλήρου ανάλυση του κειμένου διαπιστώθηκε η μη συσχέτιση του με το αντικείμενο που μελετάται στην παρούσα εργασία και επομένως αφαιρέθηκαν τα συγκεκριμένα κείμενα.

Το υλικό στην παρούσα εργασία προήλθε από πηγές οι οποίες περιλάμβαναν επιστημονικά άρθρα, μελέτες ή βιβλία με κύριο θέμα την εφαρμογή τεχνολογιών και συστημάτων που χρησιμοποιούν drones στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Τα περισσότερα άρθρα επικεντρώνουν την μελέτη τους συγκεκριμένα σε εφαρμογές που αφορούν την αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιούργησε ο COVID-19. Οι πληροφορίες που αποσπάστηκαν από το υλικό που συγκεντρώθηκε διαμόρφωσαν το βασικό στόχο της παρούσας εργασίας, ο οποίος είναι να παρουσιαστεί η τεχνολογία των drones την παρούσα στιγμή, να εξεταστεί εάν έχει ενεργό ρόλο στον τομέα της υγείας και αν μπορεί να βοηθήσει ως συμπληρωματικό εργαλείο στην κάλυψη των νέων αναγκών που έχει προκαλέσει η πανδημία COVID-19, τόσο στους ασθενείς και στο υγειονομικό προσωπικό, όσο και στον περιορισμό της μετάδοσης.

3.3 Εφαρμογές με drones στην αντιμετώπιση της COVID-19

Όταν εφαρμόζεται εξωτερικό υλικό ή ενσωματωμένα συστήματα σε ένα drone, αυτό ονομάζεται «ωφέλιμο φορτίο». Η προσάρτηση ωφέλιμου φορτίου έχει ως αποτέλεσμα ένα drone να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές με αυξημένη απόδοση και ακρίβεια. Τα drones χρησιμοποιούνται ευρέως στην παρούσα πανδημία του COVID-19. Χρησιμοποιούνται, όπως αναφέρεται στη συνέχεια, για παρακολούθηση, επαγρύπνηση, θερμική σάρωση, φαρμακευτική αγωγή, προμήθεια τροφίμων κ.λπ. Κατά τη χρήση τους, η συγκέντρωση και η ανάλυση της συλλογής δεδομένων αποτελεί σημαντική πρόκληση. Τα χαρακτηριστικά των σημερινών συστημάτων που βασίζονται σε drone μπορούν να βελτιωθούν περαιτέρω με την ενσωμάτωση των εφαρμογών μέτρησης κοινωνικών αποστάσεων, παρακολούθησης του ιού και συλλογής δεδομένων με χρήση τεχνητής νοημοσύνης, θερμικής απεικόνισης, απολύμανσης με ανάλυση δεδομένων, τήρηση αρχείων κ.λπ.[16]

3.3.1 Παρακολούθηση και έλεγχος

Για να περιορίσουν την εξάπλωση του COVID-19, οι κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για να διασφαλίσουν τις κοινωνικές αποστάσεις. Οι περισσότερες χώρες αναγκάστηκαν να μπουν σε καθολική ή μερική καραντίνα (lock-down) τοπικά ή και σε επίπεδο χώρας. Για την παρακολούθηση του πλήθους στις περιπτώσεις του lock-down, πολλές χώρες σε όλο

τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης της Κίνας και της Ινδίας, έχουν υιοθετήσει την τεχνολογία drone. Στην Εικόνα 8 παρουσιάζεται έναν drone που έχει σχεδιαστεί για σκοπούς παρακολούθησης και ελέγχου του πλήθους.



Εικόνα 8 : Drone παρακολούθησης και ελέγχου πλήθους [6]

Η MicroMultiCopter, ένας κορυφαίος βιομηχανικός κατασκευαστής drones με έδρα το Shenzhen της Κίνας, έχει αναπτύξει πάνω από 100 drones παρακολούθησης σε διάφορες πόλεις της Κίνας σε μια προσπάθεια να ερευνούν περιοχές και να παρατηρούν αποτελεσματικά το πλήθος. Τα drones, που είναι εξοπλισμένα με ηχεία, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να δώσουν οδηγίες σε άτομα που δεν συμμορφώνονται με τις οδηγίες που εκδίδει η κινεζική κυβέρνηση. [6]

Αυτό το μέτρο θεωρείται επίσης χρήσιμο για την πρόληψη της μετάδοσης του ιού σε άτομα των οποίων η διαπροσωπική απόσταση μεταξύ γίνεται μικρότερη από μια «συγκεκριμένη» τιμή ή εάν οι άνθρωποι περπατούν σε δημόσιους χώρους χωρίς μάσκα (παρόμοιες πρακτικές ακολουθήθηκαν επίσης σε Ισπανία, Κουβέιτ). [16]

Στην Ινδία, μια παγκόσμια εταιρεία τεχνολογίας με το όνομα Cyient παρέιχε στην αστυνομία της Τελεγκάνα τεχνολογία μη επανδρωμένης παρακολούθησης εναέριου φάσματος για τη

διαχείριση του lock-down. Τα αεροσκάφη που δόθηκαν είναι εξοπλισμένα με κάμερες που μπορούν να παρακολουθούν αποτελεσματικά τις ευαίσθητες περιοχές της πόλης και να επιτρέπουν στην αστυνομία να χειρίζεται οποιαδήποτε αδικαιολόγητη κατάσταση.[6]

3.3.2 Δημόσιες Ανακοινώσεις

Εκτός από την παρακολούθηση του πλήθους, τα drones μπορούν να αποδειχθούν εξαιρετικά χρήσιμα για τη μετάδοση σημαντικών πληροφοριών, ιδίως σε περιοχές που δεν διαθέτουν ανοιχτά κανάλια επικοινωνίας. Στην Εικόνα 9 παρουσιάζεται ένα drone ειδικά σχεδιασμένο για την πραγματοποίηση ανακοινώσεων.



Εικόνα 9 : Drone για την πραγματοποίηση δημόσιων ανακοινώσεων [6]

Η αστυνομική αρχή στη Μαδρίτη της Ισπανίας, χρησιμοποίησε ένα drone που ήταν εξοπλισμένο με μεγάφωνο για να ενημερώσει τους πολίτες για τις κατευθυντήριες γραμμές που έχουν τεθεί σε εφαρμογή σχετικά με την κατάσταση έκτακτης ανάγκης που επιβλήθηκε. Επιπλέον, πολλές

άλλες ευρωπαϊκές χώρες χρησιμοποίησαν drones για να κάνουν δημόσιες ανακοινώσεις στους ανθρώπους που βρίσκονται σε lock-down, ώστε να λαμβάνουν απαραίτητες προφυλάξεις για τον περιορισμό της εξάπλωσης της νόσου.[6]

Στην Ινδία, πολιτείες όπως το Δελχί, η Κεράλα και το Ασάμ κάνουν ανακοινώσεις κατά την επιτήρηση σε πόλεις μέσω drones. Η Μαχαράστρα είναι ένα βήμα πιο μπροστά, καθώς δημιουργεί αναφορές ανάλυσης δεδομένων στις περιοχές που καλύπτονται μέσω drones. Οι κυβερνητικές αρχές στην Ινδία έχουν δώσει ειδικές άδειες στους αξιωματούχους της αστυνομίας να χρησιμοποιούν τεχνολογία που βασίζεται σε drones για επαγρύπνηση, παρακολούθηση, ανάλυση δεδομένων, αναφορές και μελλοντικές αποφάσεις. [16]

3.3.3 Μαζικός έλεγχος συμπτωμάτων και θερμομετρήσεις

Ειδικά σχεδιασμένα drones για πραγματοποίηση θερμομετρήσεων και έλεγχο συμπτωμάτων, μπορούν να θεωρηθούν ως ένα εξαιρετικό εργαλείο στην καταπολέμηση της πανδημίας COVID-19. Τέτοιο drone παρουσιάζεται στην Εικόνα 10.

Μετά το ξέσπασμα της COVID-19, αρκετές αρχές στην Κίνα δεσμεύτηκαν να εντοπίσουν τους ασθενείς με COVID-19 το συντομότερο δυνατό. Χρησιμοποίησαν για τον σκοπό αυτό, μεταξύ άλλων, drones εξοπλισμένα με υπέρυθρες κάμερες για τη διεξαγωγή μετρήσεων θερμοκρασίας μεγάλης κλίμακας σε αρκετές κατοικημένες περιοχές.[6]

Στην Ινδία, οι αρχές στο Νέο Δελχί έχουν χρησιμοποιήσει drones πολλαπλών χρήσεων για να περιορίσουν την εξάπλωση του COVID-19. Με ονομασία «Corona combat», τα drones είναι εξοπλισμένα με μια θερμική κάμερα για έλεγχο θερμοκρασίας, μια κάμερα νυχτερινής όρασης για την παρακολούθηση του πλήθους, ένα φορητό ιατρικό κουτί για τη μεταφορά βασικών ιατρικών προμηθειών, ένα megάφωνο για την πραγματοποίηση ανακοινώσεων και μια απολυμαντική δεξαμενή χωρητικότητας 10 λίτρων για την απολύμανση δημόσιων χώρων. Σε αντίθεση με τα υπέρυθρα θερμομέτρα που μπορούν να μετρήσουν τη θερμοκρασία ενός ατόμου κάθε φορά, αυτό το drone μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της θερμοκρασίας πολλαπλών ατόμων ταυτόχρονα.[6]

Εκτός από αυτές τις προσπάθειες, ερευνητές στο Πανεπιστήμιο της Νότιας Αυστραλίας, σε συνεργασία με τον εμπορικό κατασκευαστή UAV DraganFly με έδρα τον Καναδά, βρίσκονται στη διαδικασία ανάπτυξης ενός «Πανδημικού drone» για να παρατηρούν και να εντοπίζουν από απόσταση άτομων με μολυσματικές αναπνευστικές ανεπάρκειες. Αυτά τα αεροσκάφη πρόκειται να διαθέτουν έναν εξειδικευμένο αισθητήρα και σύστημα όρασης, τα οποία που μπορούν να παρακολουθούν τη θερμοκρασία και τους καρδιακούς παλμούς των ανθρώπων. Αναμένεται επίσης να έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν άτομα που φτερνίζονται και βήχουν σε δημόσιους χώρους. Εάν επιτύχουν,

αυτά τα αεροσκάφη έχουν τη δυνατότητα να φέρουν επανάσταση στη διάγνωση COVID-19 με έγκαιρη ανίχνευση πιθανών ασθενών με COVID-19.[6]

Άλλο ένα παράδειγμα αποτελεί η Αυστραλία, όπου πτήσεις drones σε πόλεις ανιχνεύουν εάν κάποιος έχει «αμφίβολο» αναπνευστικό σχήμα ή όχι. Οι αισθητήρες που τοποθετούνται στα drones καταγράφουν τη θερμοκρασία του σώματος, τον καρδιακό παλμό, τον αναπνευστικό ρυθμό και άλλες ανωμαλίες. Αυτές οι μετρήσεις γίνονται σε διάφορες περιοχές, ειδικά σε περιοχές με υπερπληθυσμό. [16]



Εικόνα 10 : Drone με αισθητήρες θερμικής απεικόνισης για μαζικές θερμομετρήσεις [6]

3.3.4 Απολυμάνσεις

Ενόψει της πανδημίας του COVID-19, τα drones μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εισχώρηση σε μολυσμένες περιοχές και ψεκασμό απολυμαντικών (Εικόνα 11). Αυτό δίνει τη δυνατότητα ελαχιστοποίησης του κινδύνου περαιτέρω εξάπλωσης της νόσου, ενώ ταυτόχρονα μειώνει την έκθεση

των εργαζομένων πρώτης γραμμής στον ιό. Ενώ η Κίνα και η Ινδία χρησιμοποιούν συνηθισμένα drones για αυτήν την πρακτική από την έναρξη της πανδημίας, η Ισπανία έχει γίνει η πρώτη ευρωπαϊκή χώρα, της οποίας ο στρατός υιοθέτησε πρόσφατα τη χρήση γεωργικών drone που κατασκευάστηκαν από τον DJI, έναν κορυφαίο κινέζικο κατασκευαστή drones, για τον ψεκασμό χημικών απολύμανσης σε δημόσιους χώρους.[6]



Εικόνα 11 : Drone σχεδιασμένο για απολυμάνσεις [6]

Η Μονάδα Έκτακτης Ανάγκης του Ισπανικού Στρατού ενσωματώνει αυτά τα UAV για τη διεξαγωγή ψεκασμών σε ανοιχτές ζώνες και μεγάλα οχήματα με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Αυτά τα UAV έχουν χωρητικότητα φόρτωσης 10 λίτρων. Σε κανονική χρήση, θα μπορούσαν να απολυμάνουν σχεδόν 5.000 τετραγωνικά μέτρα με κάθε φόρτιση μπαταρίας, πράγμα που σημαίνει ότι αυτή η επιφάνεια θα καλυφθεί σε 15 λεπτά.[14]

Στην Κίνα, αυτή η τεχνολογία έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για τον ίδιο σκοπό. Όπως διευκρινίστηκε στο Παγκόσμιο Οικονομικό Φόρουμ, έχει επιβεβαιωθεί ότι ανάλογα με τη χρήση, η απολύμανση με UAV μπορεί να είναι 50 φορές πιο αποτελεσματική από την απολύμανση που γίνεται χειροκίνητα[14]. Στην Εικόνα 12 φαίνεται ένα drone παράδοσης και απολύμανσης με φορτίο και υγρό για απολύμανση σε πτήση.



Εικόνα 12 : Drone για απολύμανση δρόμων και μεταφορά φαρμάκων [14]

3.3.5 Διανομή και προμήθεια ιατρικών αγαθών και φαρμάκων

Η μεταφορά ζωτικών φαρμάκων, εμβολίων ή ιατρικών διαγνωστικών εργαλείων όταν δρόμοι είτε δεν υπάρχουν είτε είναι μη διαθέσιμοι για μεγάλο μέρος του έτους, καθίσταται δύσκολη. Η λύση σε αυτές τις ερωτήσεις θα μπορούσε να δοθεί από μικρά, ευέλικτα, αεροπορικά συστήματα μεταφοράς, δηλαδή με drones ειδικά σχεδιασμένα για μεταφορές (Εικόνα 13). Για να εξασφαλιστεί η παράδοση με drones, ένα πακέτο πρέπει να είναι υψηλής αξίας, ελαφρύ και ευαίσθητο στο χρόνο. Το αίμα, τα ιατρικά διαγνωστικά τεστ και οι απινιδωτές ταιριάζουν με αυτήν την περιγραφή, και ακόμη περισσότερο, έχουν αποτελέσει το κύριο επίκεντρο μελετών για παραδόσεις μέσω drones.[17] Θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν drones για τη μεταφορά προμηθειών όπως φάρμακα ή και δείγματα δοκιμών για να αποφευχθεί η ανάγκη για επισκέψεις στα νοσοκομεία, επιτρέποντας ταχύτερη φροντίδα και ταχύτερη θεραπεία. Για παράδειγμα, σε μικρότερα χωριά που είναι δύσκολο να φτάσουν ασθενοφόρα, ένα drone είναι σε θέση να αναφέρει την επικρατούσα κατάσταση και να μεταφέρει χρήσιμα εφόδια, όπως μηχανήματα παρακολούθησης και φάρμακα. Επιπλέον, τα μη

επανδρωμένα αεροσκάφη μπορούν να είναι αποτελεσματικά μεταφέροντας κιτ αυτοελέγχου για διάγνωση COVID-19 σε άτομα τα οποία βρίσκονται σε καραντίνα. Η χρήση των drones μειώνει επίσης το κόστος φροντίδας, καθώς η άμεση θεραπεία οδηγεί σε ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή θεραπεία με βελτιωμένη ποιότητα.[7]



Εικόνα 13 : Ιατρικό drone σχεδιασμένο για την παράδοση ιατρικών αγαθών [6]

Η μεταφορά ιατρικών αγαθών μέσω drones πραγματοποιούνται και πριν την εποχή του COVID-19, για την κάλυψη προϋπαρχουσών αναγκών. Τον Σεπτέμβριο του 2019, ερευνητές από το Εθνικό Πανεπιστήμιο της Ιρλανδίας (NUI) μπόρεσαν να χρησιμοποιήσουν ένα UAV για να παραδώσουν φάρμακα για τον διαβήτη από το Galway σε μια απομακρυσμένη τοποθεσία στα νησιά Aran. Αυτή ήταν η πρώτη επιτυχημένη αποστολή του διαβητικού drone Beyond Visual Line of Sight (BVLOS) και έδειξε στον κόσμο πώς τα αεροσκάφη έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν ιατρικά εφόδια αξιόπιστα. Στην τρέχουσα κατάσταση της κρίσης, αυτή η λειτουργικότητα μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα πολύτιμη για τη μείωση της επιβάρυνσης των νοσοκομείων και του προσωπικού

υγειονομικής περίθαλψης. Τα αεροσκάφη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταχεία παράδοση φαρμάκων και προμηθειών τόσο από μια ιατρική εγκατάσταση σε άλλη όσο και από ιατρικά κέντρα στους ασθενείς με COVID-19 που αναρρώνουν στα σπίτια τους. Ένα παράδειγμα του πρώτου παρατηρήθηκε στην Κίνα όταν χρησιμοποιήθηκε ένα drone για τη μεταφορά ιατρικών προμηθειών από το κέντρο ελέγχου ασθενειών στην κομητεία Xinchang, στο Λαϊκό Νοσοκομείο της Xinchang χωρίς να εκθέσει τους ανθρώπους σε λοίμωξη.[6]

Η Marut Drones, μια start-up εταιρία που εδρεύει στο Χαϊντεραμπάντ με επικεφαλής μια ομάδα αποφοίτων του Ινδικού Ινστιτούτου Τεχνολογίας (IIT), ξεκίνησε πρόσφατα μια ολόκληρη σειρά drones για την καταπολέμηση της πανδημίας COVID-19 στην Ινδία. Η εταιρεία διαθέτει αεροσκάφη για απολύμανση, παράδοση φαρμάκων, θερμική ανάλυση και παρακολούθηση κίνησης και πλήθους για την καταπολέμηση της πανδημίας COVID-19. Η εταιρεία ισχυρίζεται ότι τα ιατρικά αεροσκάφη παράδοσης φαρμάκων, εξοπλισμένα με τεχνολογία αποφυγής εμποδίων και προηγμένη τεχνολογία πλοήγησης, μπορούν να καλύψουν απόσταση 12 χιλιομέτρων σε μόλις 8 λεπτά, διασφαλίζοντας έτσι τις ιατρικές παραδόσεις 80 φορές ταχύτερα από τις συμβατικές μεθόδους. Η Marut Drones έχει ήδη προσφέρει μερικά αεροσκάφη σε διάφορες αρχές της Telangana για την παρακολούθηση πλήθους και την απολύμανση δημόσιων χώρων. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της εταιρείας, τα απολυμαντικά αεροσκάφη τους έχουν ήδη απολυμάνει περιοχές που καλύπτουν περισσότερα από 1900 χλμ.. Εν αναμονή της έγκρισης από την κυβέρνηση της Ινδίας, η εταιρεία ελπίζει επίσης να αναπτύξει σύντομα αεροσκάφη παράδοσης φαρμάκων.[6]

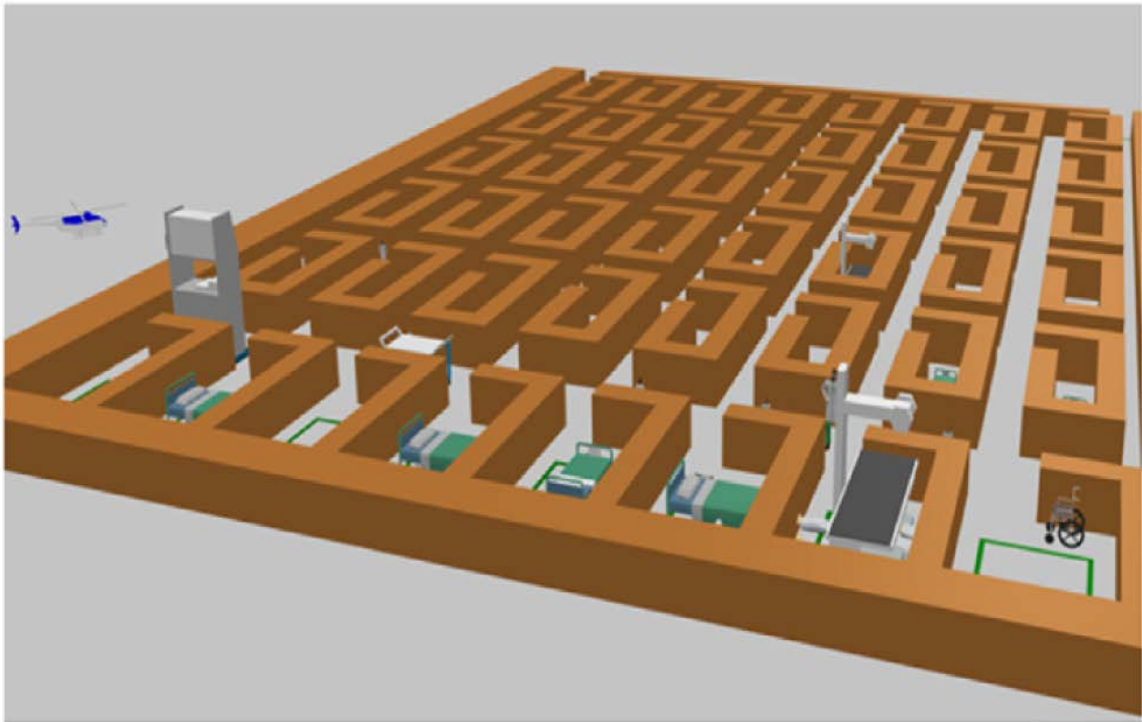
Στις ΗΠΑ, μετά τον καταστροφικό αντίκτυπο του COVID-19, λαμβάνονται διάφορα μέτρα από διάφορους αμερικανικούς φορείς για την εισαγωγή τεχνολογίας drones στη χώρα. Η Small UAV Coalition αιτήθηκε την ταχεία έγκριση της Ομοσπονδιακής Διοίκησης Αεροπορίας (FAA) για να επιτρέψει τη χρήση drones στην προμήθεια ιατρικών αγαθών. Επιπλέον, η Zipline, μια εταιρεία παράδοσης ιατρικών προϊόντων, σχεδιάζει να δημιουργήσει ένα ενεργό δίκτυο παροχής ιατρικού εφοδιασμού. Παραδίδοντας επείγουσα φαρμακευτική αγωγή απευθείας στο κατώφλι των ασθενών, η Zipline ελπίζει να μειώσει την επιβάρυνση για την προσωπική παράδοση, ενώ παράλληλα προωθεί την πρακτική της διατήρησης κοινωνικών αποστάσεων μεταξύ των ανθρώπων.[6]

Εκτός από τον ασφαλή τρόπο παράδοσης ιατρικών ειδών, τα αεροσκάφη μπορούν να διευκολύνουν την παράδοση ειδών παντοπωλείου, όπως σημειώνεται σε ορισμένα μέρη της Αυστραλίας, της Κίνας και των ΗΠΑ. Στην Κίνα, η εταιρία ηλεκτρονικού εμπορίου JD.com άρχισε να χρησιμοποιεί μερικά από τα αεροσκάφη της για να κάνει παραδόσεις πρώτων υλών και βασικών προϊόντων. Εν τω μεταξύ, στις ΗΠΑ, η μητρική εταιρεία της Google, Alphabet, σημείωσε σημαντική

αύξηση στον αριθμό των παραδόσεων που πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας τις αυτόνομες υπηρεσίες παράδοσης drone γνωστές ως Wing.[6]

3.3.6 Απομακρυσμένη επίβλεψη ασθενών

Οι ερευνητές του [16] παρουσιάζουν μια προσομοίωση βασισμένη σε drone για παρακολούθηση και επιθεώρηση ασθενών με COVID-19 σε εσωτερικούς χώρους. Σε μια εσωτερική δραστηριότητα προτιμώνται τα nano-drones ή drones χαμηλών πτήσεων λόγω των διαφόρων πλεονεκτημάτων τους. Η Εικόνα 14 δείχνει το εσωτερικό του κτηρίου ενός νοσοκομείου και πολλούς θαλάμους ασθενών που έχουν εισαχθεί. Η κάμερα του drone είναι προγραμματισμένη να επιθεωρεί τους ασθενείς με βάση τις κινήσεις και την πυκνότητά τους. Ανεξάρτητα από την ειδική υπηρεσία απολύμανσης που βασίζεται σε drone, οι θάλαμοι απολυμαίνονται (χειροκίνητα) μετά από τακτά χρονικά διαστήματα ή μετά την έξοδο του ασθενούς. Μέσω της επιθεώρησης με drone αξιολογείται κάθε περιοχή για απολύμανση, καθιστώντας την υποχρεωτική σε εκείνες τις περιοχές όπου η μετακίνηση ατόμων/ασθενών είναι μεγαλύτερη. Δίνονται οδηγίες στο drone για τη λειτουργία απολύμανσης και φαρμακευτικής αγωγής στην προκαθορισμένη περιοχή. Η Εικόνα 15 δείχνει τη θερμική εικόνα της προσομοίωσης των περιοχών με βάση την πυκνότητα που χρειάζονται απολύμανση. Η αύξηση του σκούρου κόκκινου χρώματος υποδηλώνει επείγουσα απολύμανση. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η δυνατότητα χρήσης κάμερας στην αίθουσα του νοσοκομείου δίνει επίσης πραγματικά στατιστικά στοιχεία για ανάλυση δεδομένων σε ένα ενιαίο σύστημα αντιμετώπισης της πανδημίας.[16]



Εικόνα 14 : Κτήριο νοσοκομείου για επιθεώρηση με drone (3D όψη) [16]

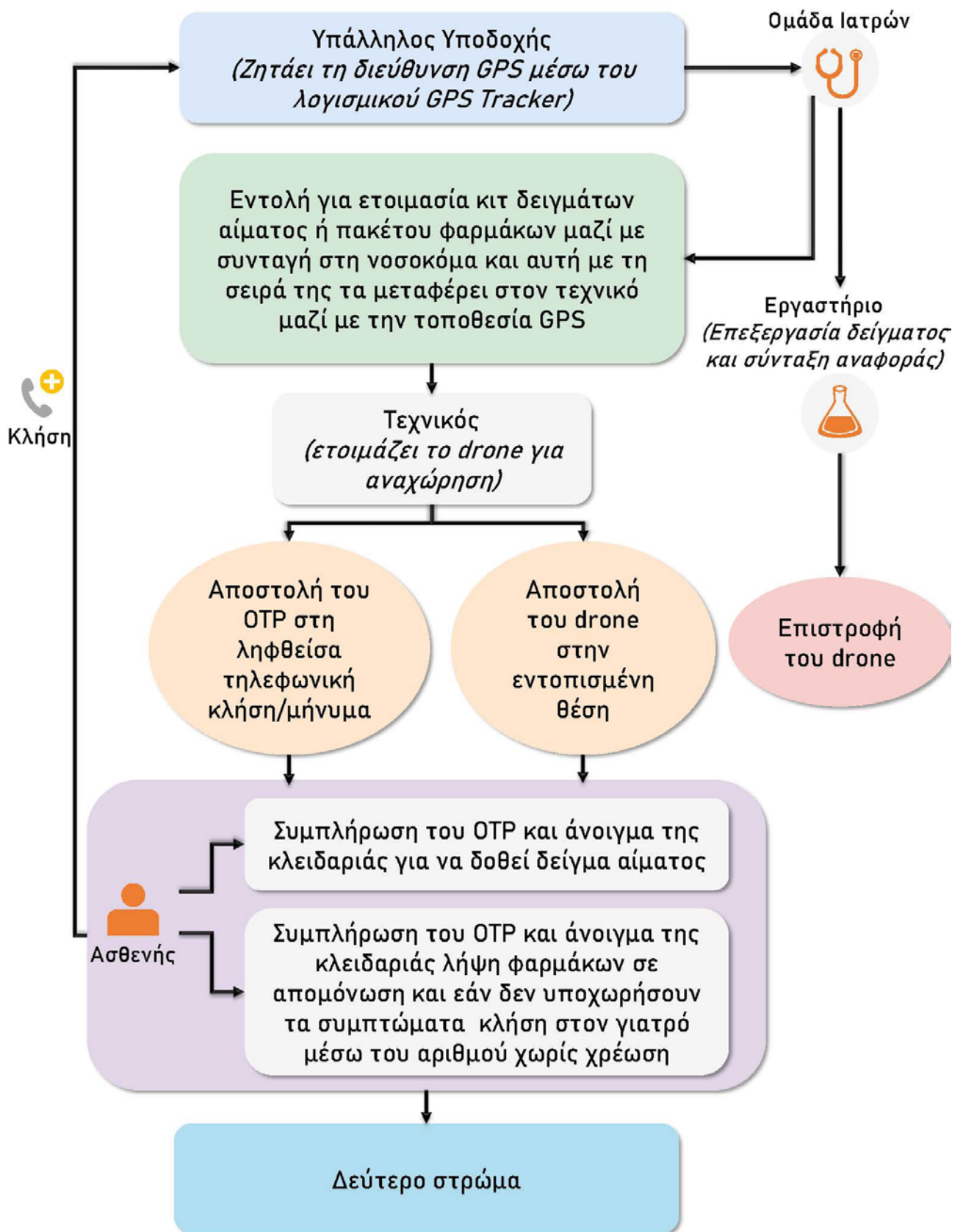


Εικόνα 15 : Μοντέλο προσομοίωσή AnyLogic για επιθεώρηση ασθενών με COVID-19 και απολύμανση [16]

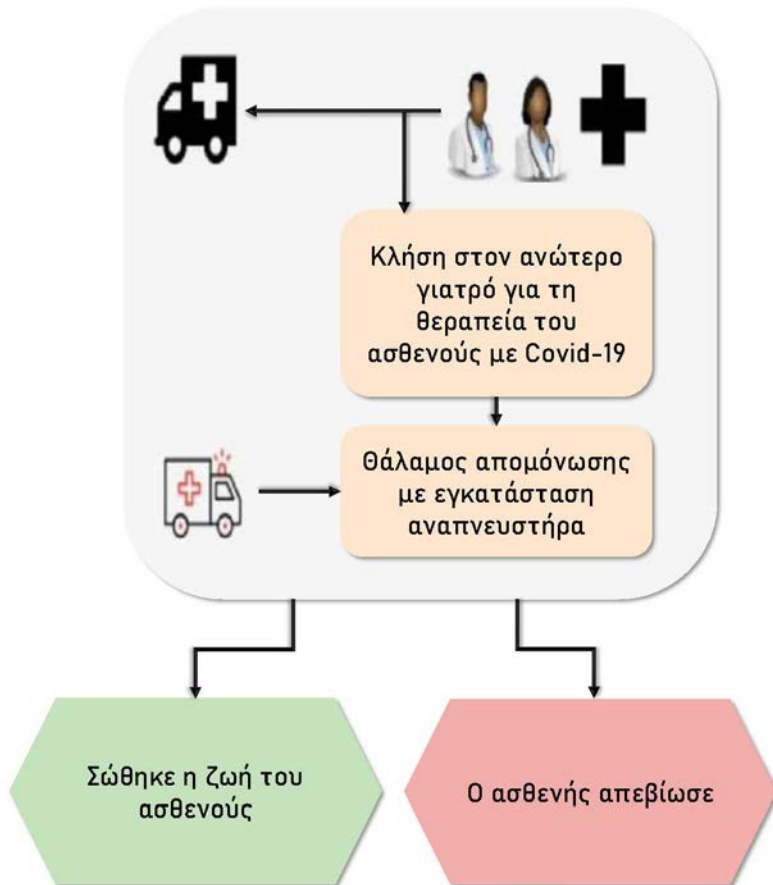
3.3.7 Μείωση κινδύνου μόλυνσης ιατρικού προσωπικού

Παρατηρείται ότι οι γιατροί και το υπόλοιπο ιατρικό προσωπικό διατρέχουν πάντα τον υψηλότερο κίνδυνο μόλυνσης από τον COVID-19, καθώς είναι μια ασθένεια η οποία μπορεί να μεταδοθεί από ένα μολυσμένο άτομο σε μη μολυσμένο πολύ γρήγορα. Η ασφάλεια του ιατρικού προσωπικού γίνεται εξαιρετικά σημαντική καθώς ο αριθμός των επαγγελματιών γιατρών είναι περιορισμένος σε κάθε μέρος του κόσμου.

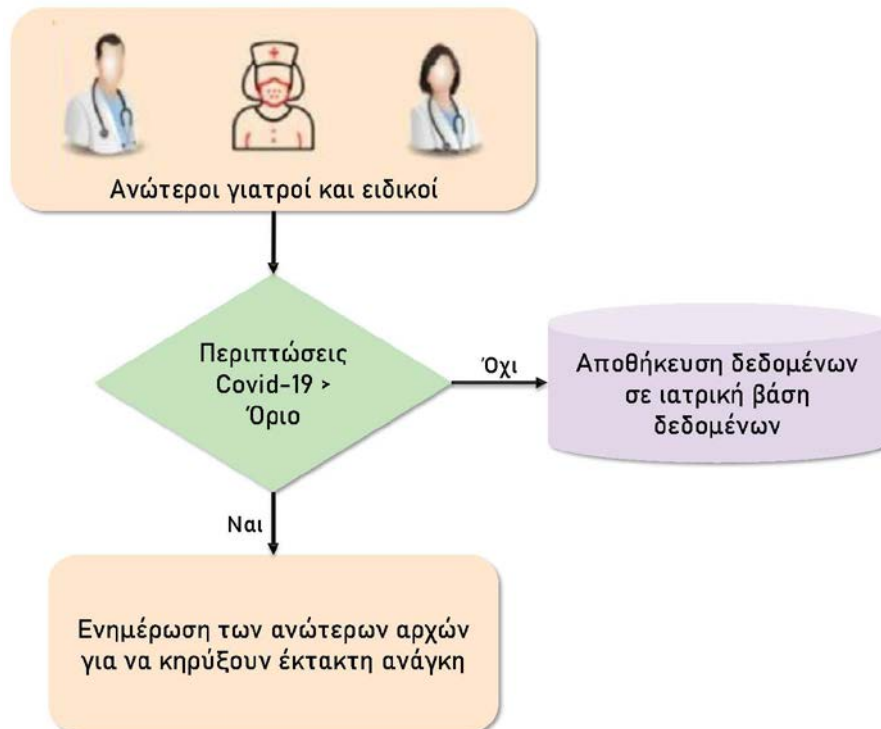
Για τη μείωση του κινδύνου μόλυνσης, οι ερευνητές του [3] προτείνουν έναν μηχανισμό που βασίζεται στη χρήση των drones και ονομάζεται DBCMS (Drone Based Covid-19 Medical Service). Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική στοχεύει στη μείωση των επαφών μεταξύ των εργαζόμενων στα νοσοκομεία και τα ιατρικά κέντρα με τους ασθενείς. Πρόκειται για μια προσέγγιση τριών επιπέδων στην οποία το πρώτο στρώμα λειτουργεί στη συλλογή δειγμάτων (Σχήμα 4), ενώ το δεύτερο στρώμα λειτουργεί για ασθενείς σε κρίσιμη κατάσταση που χρειάζονται συμβουλή από ανώτερους γιατρούς ή επείγουσα εισαγωγή σε νοσοκομεία (Σχήμα 5). Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό, το τρίτο στρώμα είναι υπεύθυνο για την παροχή προειδοποιήσεων στην ανώτερη αρχή για να λάβει άλλα ζωτικής σημασίας βήματα για τον μετριασμό του προβλήματος του COVID-19 καθώς η χώρα έχει εισέλθει στο 3^ο στάδιο της πανδημίας (Σχήμα 6).



Σχήμα 4 : Πρώτο στρώμα DBCMS [3]



Σχήμα 5 : Δεύτερο στρώμα DBCMS [3]



Σχήμα 6 : Τρίτο στρώμα DBCMS [3]

Η διαδικασία που παρουσιάστηκε στο [3] είναι συνοπτικά η εξής:

Στο πρώτο στρώμα, ο ασθενής καλεί το νοσοκομείο, όπου καταγράφονται τα συμπτώματά του από τον υπάλληλο υποδοχής. Στη συνέχεια, ο υπάλληλος υποδοχής αντιστοιχίζει τα συμπτώματα του ασθενούς με τα συμπτώματα του COVID-19, ζητά από τον ασθενή να προωθήσει την τρέχουσα τοποθεσία του/της σε έναν αποκλειστικό αριθμό whatsapp και καταγράφει τα προσωπικά του στοιχεία (όνομα, φύλο, ηλικία κτλ.). Ο υπάλληλος υποδοχής αποθηκεύει τα στοιχεία του ασθενούς σε μια βάση δεδομένων με μοναδικό αναγνωριστικό (αριθμός τηλεφώνου) για την αναγνώριση του ασθενούς για οποιαδήποτε μελλοντική αναφορά. Τα δεδομένα προωθούνται στο διαθέσιμο ιατρό άμεσα, είτε προσωπικά είτε μέσω άλλων ηλεκτρονικών μέσων. Ο γιατρός επαληθεύει τα συμπτώματα και ζητά από τη νοσοκόμα να ετοιμάσει κιτ συλλογής δειγμάτων αίματος COVID-19 σε περίπτωση που η επαλήθευση είναι επιτυχής, διαφορετικά συνταγογραφεί κάποιο φάρμακο σύμφωνα με τα συμπτώματα μέσω κλήσης. Η νοσοκόμα παραδίδει το κιτ δειγμάτων μαζί με την τοποθεσία του ασθενούς και τον αριθμό επικοινωνίας στον ειδικό του drone. Ο ειδικός του drone ορίζει έναν κωδικό πρόσβασης μίας χρήσης (One Time Password - OTP) και τοποθετεί το κιτ δειγμάτων στο κουτί που είναι εγκατεστημένο στο drone. Στέλνει επίσης τον ίδιο OTP μέσω μηνύματος στον ασθενή για το ξεκλείδωμα του κουτιού. Όταν το κιτ παραδοθεί στον προορισμό, ο ασθενής ξεκλειδώνει με τον OTP το κουτί, δίνει δείγμα μέσω του κιτ ταχείας εξέτασης και το κλειδώνει ξανά με τον ίδιο κωδικό OTP. Στη συνέχεια, το drone κατευθύνεται προς το εργαστήριο του νοσοκομείου, όπου ο παθολόγος αξιολογεί την αναφορά και την αποστέλλει στον ιατρό. Σε περίπτωση που το αποτέλεσμα της αναφοράς είναι θετικό, ο ιατρός παραδίδει το συνταγογράφηση στη νοσηλεύτρια, η οποία συλλέγει τα φάρμακα και τα παραδίδει στον ειδικό του drone, που ρυθμίζει ξανά την τοποθεσία GPS μαζί με το OTP. Το drone, πετάει και πάλι στην αντίστοιχη τοποθεσία και ο ασθενής λαμβάνει με τον ίδιο τρόπο τα φάρμακα. Εάν ο ασθενής αναρρώσει, δεν χρειάζονται περαιτέρω ενέργειες, διαφορετικά, ο ασθενής πραγματοποιεί κλήση έκτακτης ανάγκης που εκτρέπεται στον ιατρό. Ο αριθμός χωρίς χρέωση για κλήση έκτακτης ανάγκης παρέχεται στο συνταγογραφούμενο κιτ φαρμάκων που έλαβε ο ασθενής. Το δεύτερο στάδιο ξεκινά μετά την κλήση έκτακτης ανάγκης, όπου ο γιατρός κανονίζει ένα ασθενοφόρο για να παραλάβει τον ασθενή και από εκεί και πέρα ξεκινούν οι διαδικασίες που προβλέπονται για την εισαγωγή του ασθενούς. Τέλος, στο τρίτο επίπεδο, εάν ο αριθμός των ασθενών υπερβεί την τιμή κατωφλίου, η κατάσταση έκτακτης ανάγκης της πόλης θα δηλωθεί από τον ιατρό και θα ενημερωθεί η ανώτερη αρχή για τα περαιτέρω απαραίτητα βήματα. Η τιμή κατωφλίου θα αποφασιστεί από τον διαχειριστή του νοσοκομείου ανάλογα με τον αριθμό των κλινών και των αναπνευστήρων που διατίθενται στο νοσοκομείο.

3.3.8 Εφαρμογή με drones στην Ελλάδα

Η πόλη των Τρικάλων στη βορειοδυτική Θεσσαλία έγινε τον Σεπτέμβριο του 2021 η πρώτη πόλη στην Ελλάδα που δοκίμασε επιτυχώς την παράδοση φαρμακευτικών ειδών και φαρμάκων σε απομονωμένες περιοχές μέσω drone. Η δοκιμή πραγματοποιήθηκε από τον δήμο Τρικαίων και την αναπτυξιακή του εταιρεία e-trikala στο πλαίσιο του χρηματοδοτούμενου από την ΕΕ έργου HARMONY⁴.

Σύμφωνα με την Κοινοτική Υπηρεσία Πληροφοριών Έρευνας και Ανάπτυξης (Community Research and Development Information Service - CORDIS)⁵, κύρια πηγή αποτελεσμάτων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για έργα που χρηματοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, το drone προωθούμενο από 4 πτερύγια ρότορα, ξεκίνησε από τα Τρίκαλα για να παραδώσει το φορτίο του στη Λεπτοκαρυά, ένα χωριό περίπου 3 χλμ. μακριά. Μόλις έφτασε, έκανε δύο στάσεις, μία έξω από το τοπικό φαρμακείο και άλλη μια στο χωράφι ενός αγρότη. Στο φαρμακείο, ο φαρμακοποιός αφαίρεσε το φάρμακο από τον κόκκινο χώρο αποθήκευσης του drone προτού απογειωθεί ξανά.

«Η τεχνολογία μπορεί να δώσει πραγματικές λύσεις σε πραγματικά προβλήματα που έχουμε σήμερα», παρατήρησε ο δήμαρχος Τρικκαίων Δημήτρης Παπαστεργίου σε μια είδηση που αναρτήθηκε στην αγγλική ηλεκτρονική έκδοση της ελληνικής εφημερίδας «Kathimerini». «Σήμερα μεταφέραμε φάρμακα σε ένα φαρμακείο κοντά, αύριο μπορεί να είναι για να μεταφέρουμε φάρμακα σε κάποια έκτακτη ανάγκη». Το όραμα είναι ένα μέλλον στο οποίο τα απομακρυσμένα χωριά και τα άτομα με κινητικά προβλήματα που δεν έχουν εύκολη πρόσβαση στα φαρμακεία θα εφοδιάζονται με φάρμακα έκτακτης ανάγκης μέσω drone. «Αφορά καταστάσεις όπου θα χρειαστεί άμεση βοήθεια ή άτομα και μέρη που είναι απομονωμένα», δήλωσε ο Δημήτρης Αναστασίου, πρόεδρος του Συλλόγου Φαρμακοποιών Τρικάλων (ΣΥΦΤΑ). Ως πρόσθετο όφελος, αυτό μπορεί επίσης να συμβάλει στη μείωση της κυκλοφορίας μέσα και έξω από την πόλη.

Το drone που χρησιμοποιήθηκε για την πιλοτική δοκιμή (Εικόνα 16 και Εικόνα 17), σύμφωνα με το CORDIS, ονομάζεται ATLAS 4, κατασκευάστηκε από την ελληνική εταιρεία ολοκληρωμένης τεχνολογίας ALTUS Land Sea Air και έχει αυτονομία πτήσης περίπου 45 λεπτών. Εκτός από τις παραδόσεις φαρμάκων από το ΣΥΦΤΑ στη Λεπτοκαρυά, θα δοκιμαστεί αρχικά και για παραδόσεις σε φαρμακεία στα χωριά Κεφαλόβρυσο και Μικρό Κεφαλόβρυσο (6 χλμ. και 8 χλμ. αντίστοιχα).

⁴ <https://harmony-h2020.eu/>

⁵ <https://cordis.europa.eu/about/en>



Εικόνα 16 : Atlas 4 drone, φωτογραφία από www.ertnews.gr



Εικόνα 17 : Atlas 4 drone σε πτήση, φωτογραφία από www.ertnews.gr

Η πιλοτική φάση αναμένεται να διαρκέσει τρεις μήνες. Στόχος του HARMONY στα Τρίκαλα είναι η βελτίωση της καθημερινότητας των πολιτών, η μείωση του λειτουργικού κόστους και η μείωση

του χρόνου παράδοσης φαρμάκων (δεδομένης της απουσίας κυκλοφοριακής συμφόρησης στον αέρα) μέσω της χρήσης drones. Η πανδημία του COVID-19 έχει επίσης τονίσει τη χρησιμότητα των drones για την υποστήριξη μέτρων κοινωνικών αποστάσεων. Εκτός από τα Τρίκαλα, το έργο διεξάγει επίσης έρευνα σε πέντε άλλες ευρωπαϊκές πόλεις: Αθήνα (Ελλάδα), Oxfordshire (Ηνωμένο Βασίλειο), Ρότερνταμ (Ολλανδία), Τορίνο (Ιταλία) και Upper Silesian-Zagłębie (Πολωνία). Το έργο HARMONY στοχεύει να παρέχει στις μητροπολιτικές περιοχές εργαλεία για βιώσιμη μετάβαση σε μια εποχή κινητικότητας χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Τα σχέδιά της περιλαμβάνουν εργαστήρια συνδημιουργίας, νέες υπηρεσίες και τεχνολογίες κινητικότητας για ανθρώπους και εμπορεύματα και την ενοποίηση αυτοματοποιημένων οχημάτων και drones με παραδοσιακούς τρόπους μεταφοράς.

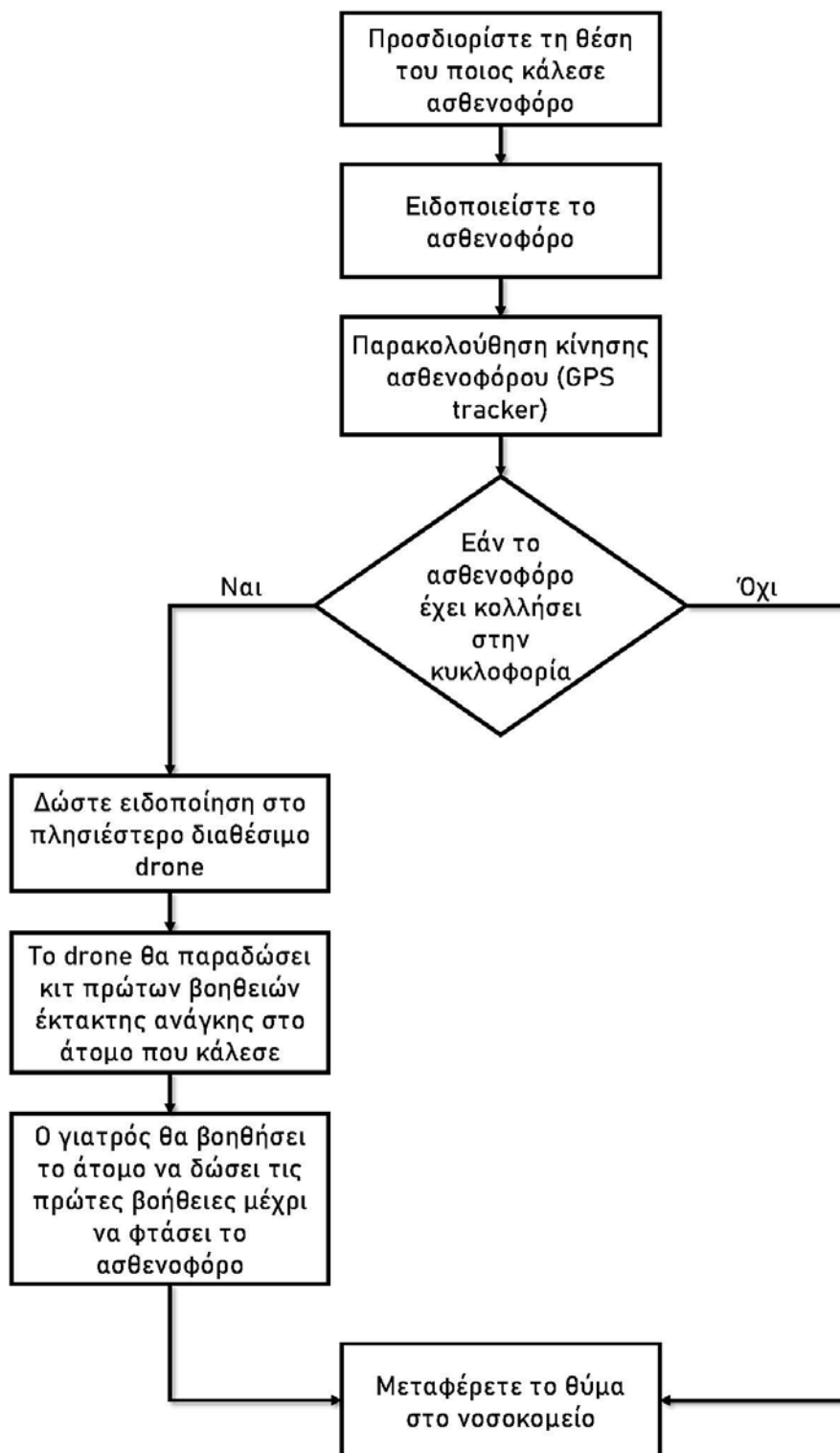
3.4 Επέκταση της χρήσης των drones για άλλους ιατρικούς σκοπούς

3.4.1 Επείγουσα ιατρική περίθαλψη σε περίπτωση καθυστέρησης ασθενοφόρου

Η πρώτη ώρα μιας επείγουσας ιατρικής ανάγκης είναι γνωστή και ως «ΧΡΥΣΗ ΩΡΑ» και αποτελεί κρίσιμο σημείο για την πορεία της υγείας ενός ατόμου σε καταστάσεις όπως καρδιακή προσβολή ή καρδιακή ανακοπή. Αυτός ο χρόνος συνήθως σπαταλάται κατά τη διαδικασία μεταφοράς και οδηγεί σε απώλεια ανθρώπινων ζωών. Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορούμε να προμηθεύσουμε φάρμακα στην τοποθεσία του χρήστη είτε από φαρμακείο είτε από το ασθενοφόρο, εάν αυτό έχει κολλήσει στην κυκλοφορία, επιταχύνοντας έτσι τη διαδικασία παράδοσης. Χρησιμοποιώντας συνδυαστικά μια εφαρμογή τηλεϊατρικής, ο χρήστης μπορεί να επικοινωνήσει με τον ιατρό και να ζητήσει βοήθεια, ώστε να χορηγήσει τα φάρμακα άμεσης θεραπείας και να διαγνώσει τον ασθενή μέχρι να μεταφερθεί στο νοσοκομείο.

Τέτοιο πείραμα πραγματοποίησε ομάδα μηχανικών από την Ινδία [8]. Συνοπτικά, ο σχεδιασμός του drone που χρησιμοποίησαν και η διαδικασία που ακολούθησαν είναι η εξής:

Το drone που χρησιμοποιήθηκε ήταν quadcopter και εξοπλισμένο με αισθητήρα γυροσκοπίου, αισθητήρα επιταχυνσιόμετρου και αισθητήρα GPS. Η διαδικασία ξεκινάει όταν ο χρήστης καλέσει ασθενοφόρο για το θύμα μέσω της ιστοσελίδας του συστήματος, με την εισαγωγή των στοιχείων του θύματος και ενώ οι γεωγραφικές συντεταγμένες ανιχνεύονται από το σύστημα αυτόματα. Το σύστημα ειδοποιεί στο ασθενοφόρο και παρακολουθεί την κίνησή του. Εάν έχει κολλήσει στην κυκλοφορία, ειδοποιεί το πλησιέστερο διαθέσιμο drone. Στη συνέχεια, το drone ξεκινά την πτήση του προκειμένου να παραδώσει το κιτ πρώτων βοηθειών. Παράλληλα, παρέχεται από το σύστημα και βοήθεια γιατρού. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει αρκετός χώρος για την προσγείωση του drone, τότε αυτό αιωρείται σε ένα ορισμένο υψόμετρο και ρίχνει το κουτί πρώτων βοηθειών στη θέση του χρήστη. Το διάγραμμα ροής του συστήματος που προτείνουν στο [8] παρουσιάζεται συνοπτικά στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7 : Διάγραμμα ροής του συστήματος διαχείρισης επειγόντων ιατρικών περιστατικών, όπως προτάθηκε από το [8]

3.4.2 Παράδοση απινιδωτή με drone – Εφαρμογή Good Sam

Στη Βόρεια Ιρλανδία, οι κλήσεις έκτακτης ανάγκης κατηγορίας A ορίζονται ως απειλητικές για τη ζωή και πρέπει να απαντηθούν εντός 8 λεπτών. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει καρδιακές

ανακοπές. Ωστόσο, το 2018 μόνο το 41,9% των κλήσεων της κατηγορίας A ανταποκρίθηκε εντός του στόχου των 8 λεπτών. Αυτό είναι ένα ανησυχητικό στατιστικό δεδομένου ότι οι ασθενείς με καρδιακά επεισόδια εκτός νοσοκομείου (Out-of-Hospital-Cardiac-Arrests - OHCA) βασίζονται στους χρόνους ταχείας απόκρισης για να αυξήσουν τις πιθανότητες επιβίωσής τους. [9]

Προγράμματα πρώτης ανταπόκρισης, όπως η εφαρμογή Good Sam για κινητά, παρέχουν τις τοποθεσίες των κοντινότερων δημόσιων αυτόματων εξωτερικών απινιδωτών (Automated External Defibrillator – AED), καθώς και ειδοποιούν κοντινούς εκπαιδευμένους ανταποκριτές. Η εφαρμογή Good Sam χρησιμοποιείται στη Βόρεια Ιρλανδία μέσω συνεργασίας με την υπηρεσία ασθενοφόρων της Βόρειας Ιρλανδίας (NIAS) με στόχο τη βελτίωση των χρόνων απόκρισης του OHCA. Τα drones που μπορούν να μεταφέρουν AED έχουν σχεδιαστεί από το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο του Ντελφτ στην Ολλανδία. Αυτά τα drones κοστίζουν περίπου 15.000 λίρες Αγγλίας και μπορούν να ταξιδέψουν έως και 100 χλμ./Ωρα (62 μίλια/ώρα). Ζυγίζουν 4 κλά με ενσωματωμένο απινιδωτή και μπορούν να μεταφέρουν επιπλέον ωφέλιμο φορτίο 4 κιλών. Τα drones μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα όταν έχουν συντεταγμένες GPS και διαθέτουν ενσωματωμένη ζωντανή κάμερα και ηχείο που επιτρέπει στον χειριστή έκτακτης ανάγκης να επικοινωνεί με τον καλούντα σε πραγματικό χρόνο για να παρέχει οδηγίες CPR ή άλλες ιατρικές συμβουλές.[9]

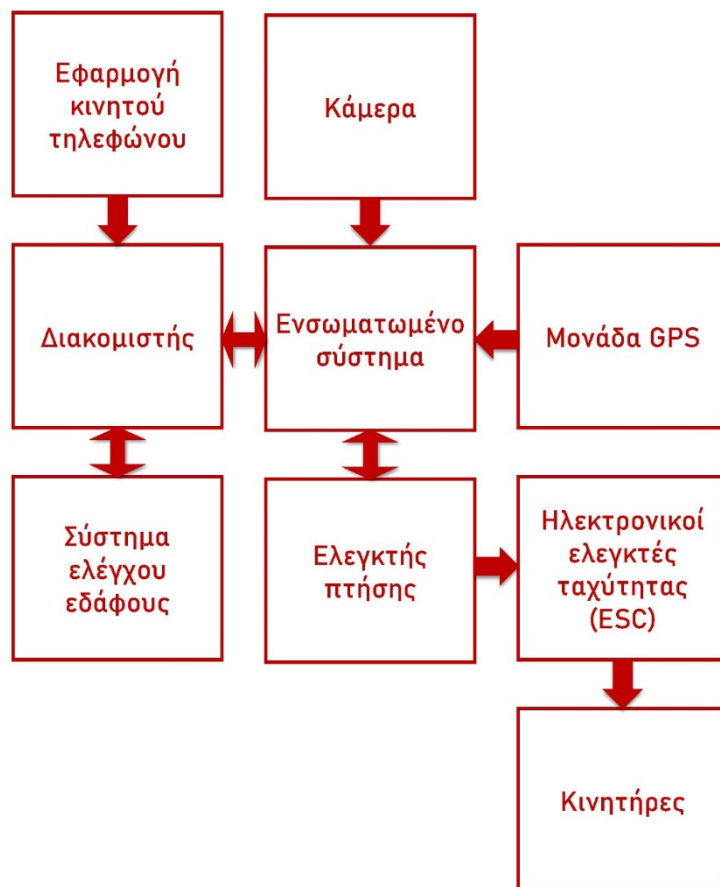
Οι ερευνητές του [9], πειραματίστηκαν χρησιμοποιώντας προσομοιωτή βασισμένο σε δεδομένα με γενετικό αλγόριθμο για την βέλτιστη επιλογή γεωγραφικών τοποθεσιών βάσης μη επανδρωμένων αεροσκαφών σε ολόκληρη τη Βόρεια Ιρλανδία. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν σημαντικές βελτιώσεις σε χρόνους απόκρισης για περιστατικά OHCA κατά την εφαρμογή δικτύου drone, προσφέροντας ακόμη μικρότερο χρόνο απόκρισης για περιστατικά εκτός πόλεων, το οποίο βελτιώνει τις πιθανότητες επιβίωσης σε πολλές περιπτώσεις. Βέβαια, η εφαρμογή δικτύου drone σε όλη τη χώρα θα ήταν πολύ δαπανηρή. Ωστόσο, το κόστος ζωής υπερτερεί του κόστους εφαρμογής του δικτύου.

3.4.3 Επείγουσα ιατρική περίθαλψη σε χώρους συνωστισμού

Το Medical System Drone (MDS) είναι ένα ιατρικό σύστημα που χρησιμοποιεί drone, το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε περιοχές συνωστισμού όπως χιονοδρομικά κέντρα και πάρκα ψυχαγωγίας. Αυτές οι περιοχές είναι συνήθως γεμάτες με τουρίστες που είναι διάσπαρτοι απολαμβάνοντας τον χώρο, ωστόσο, σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, είναι πολύ δύσκολο να φτάσει η ιατρική ομάδα γρήγορα στον ασθενή ή τον τραυματία. Όχι μόνο χρειάζεται χρόνος για τον εντοπισμό του τραυματία, αλλά μπορεί επίσης να υπάρχει μεγάλη απόσταση που πρέπει να διανύσει για να φτάσει στο σημείο του ατόμου. Αυτή η διαδικασία είναι χρονοβόρα και θέτει σε κίνδυνο τη ζωή των ανθρώπων. Η ομάδα ερευνητών του [1], σχεδίασε ένα σύστημα προκειμένου να γίνει αυτό το έργο πιο αποτελεσματικό

χωρίς την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους, εξοικονομώντας χρόνο και αυξάνοντας την πιθανότητα επιτυχούς φροντίδας των τραυματιών.

Πιο συγκεκριμένα, το MDS που προτάθηκε, μπορεί να βοηθήσει άτομα σε περιπτώσεις σωματικών ατυχημάτων ή κρίσιμων καταστάσεων υγείας. Διαφορετικά ατυχήματα μπορεί να συμβούν όπως λιποθυμία, αιμορραγικοί τραυματισμοί κ.ά.. Εάν ένα άτομο χρειάζεται βοήθεια, μπορεί να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή για κινητά ή σε περίπτωση που ο ασθενής αδυνατεί να καλέσει ο ίδιος, οι άνθρωποι γύρω του μπορούν να ζητήσουν βοήθεια χρησιμοποιώντας την ίδια εφαρμογή. Μόλις συμβεί έκτακτη ανάγκη, και κάποιο άτομο ζητήσει βοήθεια μέσω της εφαρμογής ειδοποιείται το MDS και εντοπίζει την τοποθεσία έκτακτης ανάγκης χρησιμοποιώντας GPS. Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη είναι γρηγορότερα από τους ανθρώπους, οπότε θα φτάσουν πιο γρήγορα στον απαιτούμενο προορισμό και θα βοηθήσουν την κατάσταση ρίχνοντας τα απαραίτητα ιατρικά εφόδια, ώστε οι άλλοι άνθρωποι γύρω από τον τραυματία να χρησιμοποιήσουν αυτά τα εφόδια για να τον βοηθήσουν. Το MDS προτάθηκε να διαθέτει κάμερα για να μπορεί ο χειριστής να αλληλοεπιδρά. Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται το διάγραμμα για το MDS όπως προτάθηκε από το [1].



Σχήμα 8 : Διάγραμμα για το MDS που προτάθηκε από το [1]

Τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται ώστε ένα τέτοιο σύστημα να είναι ασφαλές και αποδοτικό, εφαρμόστηκαν στα δοκιμαστικά drones της Εικόνας 18, και σύμφωνα με την έρευνα [1] είναι τα εξής:

- i. **Αυτονομία:** Τα drones προτείνεται να ίπτανται χωρίς να χρειάζονται χειριστήριο. Δηλαδή, να απογειώνονται χρησιμοποιώντας ανθρώπινη αλληλεπίδραση, αλλά στη συνέχεια να μεταβαίνουν αυτόνομα στη θέση μέσω GPS.
- ii. **Παράδοση ιατρικών προμηθειών:** Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη να έχουν τοποθετημένο πάνω τους ένα κουτί ιδανικό για ιατρικές προμήθειες.
- iii. **Εντοπισμός καταστάσεων έκτακτης ανάγκης:** Το σήμα να στέλνεται από μια εφαρμογή τηλεφώνου σε διακομιστή (server), χρησιμοποιώντας GPS ως σύστημα πλοήγησης. Το GCS (Ground Control Station) να διαβάζει το σήμα από τον διακομιστή και να πλοηγεί το drone στην καθορισμένη διαδρομή μέχρι να φτάσει στον προορισμό.
- iv. **Επικοινωνία με ενδοεπικοινωνία:** Όταν το άτομο εγκαθιστά για πρώτη φορά την εφαρμογή, να ζητείται ο αριθμός τηλεφώνου του.
- v. **Εφαρμογή τηλεφώνου:** Η εφαρμογή να παρέχει πολλά διαφορετικά κουμπιά SOS ανάλογα με τον τύπο έκτακτης ανάγκης. που μόλις πατηθούν, οι συντεταγμένες GPS του ασθενούς να στέλνονται στον διακομιστή. Τα drones να λαμβάνουν τις συντεταγμένες GPS του ασθενούς και να πετούν προς την κατεύθυνση αυτών των συντεταγμένων. Επιπλέον, καθένα από τα κουμπιά της εφαρμογής θα έχει τον δικό του τύπο ιατρικών προμηθειών, όπως κιτ πρώτων βοηθειών, ενέσεις ινσουλίνης ή ενέσεις αλλεργίας.



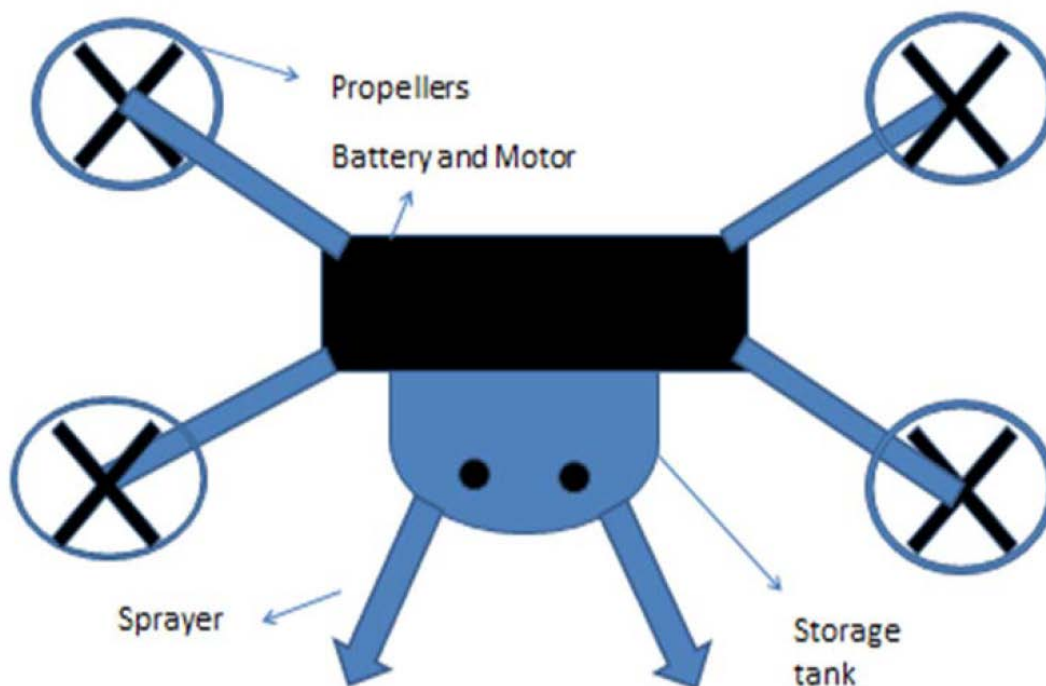
Εικόνα 18 : Δοκιμαστικά drones του MDS [1]

3.4.4 Καθαρισμός αέρα με drone για τον έλεγχο των ατμοσφαιρικών ρύπων

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αναφέρεται στην απελευθέρωση χημικών ή επιβλαβών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων σωματιδίων και βιολογικών μορίων στο περιβάλλον της γης, το οποίο έχει σημαντική επίδραση στην ανθρώπινη ζωή, στην πανίδα και τη χλωρίδα. Αποτελεί σημαντικό παράγοντα κινδύνου καθώς αρκετοί ρύποι σχετίζονται με ασθένειες και καταστάσεις υγείας, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου του πνεύμονα, των καρδιακών παθήσεων, κ.λπ. Το drone καθαρισμού αέρα μπορεί να μειώσει τους ρύπους ψεκάζοντας νερό και χημικά στην ατμόσφαιρα. Αυτό το μείγμα καθαρού νερού και χημικών αποτελείται από στοιχεία όπως ιόντα υδροξυλίου, ρίζα υδροξυλίου (OH^*), άτομα οξυγόνου (αρνητικά φορτισμένα) και αρνητικά ιόντα. Το drone του καθαριστή αέρα θα διαχωρίσει τους ρύπους όπως σωματίδια σκόνης, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, SO_x , NO_x και

μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Μέσω της διαδικασίας ψεκασμού, οι χημικές ουσίες και το νερό αντιδρούν πολύ γρήγορα στους ρύπους και αφαιρούν τη ρύπανση, δημιουργώντας έτσι ένα αμόλυπτο και πράσινο περιβάλλον.[18]

Οι ερευνητές του [18] παρουσιάζουν ένα τέτοιο Air Purifier drone με ανεμιστήρα στο μπροστινό μέρος και με φτερά γεμάτα με χημικά και νερό, προκειμένου να ψεκάζονται κάποιες συγκεκριμένες χημικές ουσίες μαζί με νερό υψηλής πίεσης από τα ακροφύσια στο περιβάλλον και τα αρνητικά ιόντα να εξουδετερώνουν τη ρύπανση που δημιουργείται και απελευθερώνεται από τον αρνητικό ιονιστή στο περιβάλλον. Το drone ελέγχεται από τηλεχειριστήριο και διαθέτει δεξαμενή με περίπου 20-25 λίτρα νερό και χημικά μαζί. Τέτοιο μοντέλο drone προτείνεται να χρησιμοποιηθεί για μεγάλες πόλεις και περιοχές όπου η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι υψηλή. Ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και εκεί που οι βιομηχανίες επιβαρύνουν την ατμοσφαιρική ρύπανση. Στην προσομοίωση του μοντέλου του drone καθαριστή αέρα όπως φαίνεται στην Εικόνα 19, περιλαμβάνει τέσσερα κύρια μέρη, προπέλες, μπαταρίες και δεξαμενές αποθήκευσης γεμάτες χημικά με προσαρτημένους ψεκαστήρες.

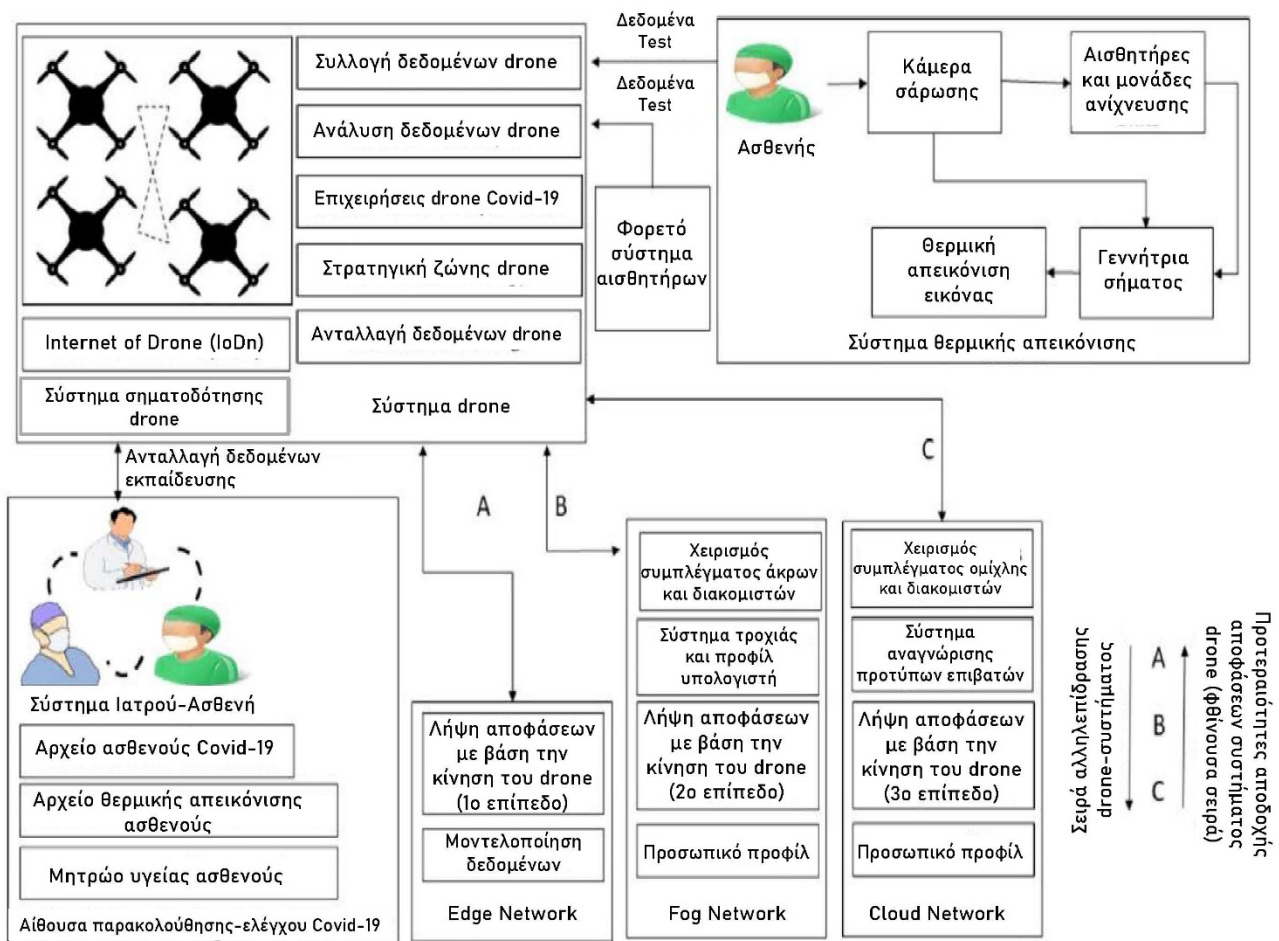


Εικόνα 19 : Drone ψεκασμού χημικών στο περιβάλλον για τον έλεγχο των ατμοσφαιρικών ρύπων [18]

3.5 Επέκταση χρήσης drone για ενιαίο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης

Οι ερευνητές του [16] προτείνουν μια ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική βασισμένη σε drone για το έξυπνο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Σε αυτήν την αρχιτεκτονική, ενσωματώνονται οι

μέθοδοι της Τεχνητής Νοημοσύνης, δηλαδή η μηχανική μάθηση, η βαθιά μάθηση για την ανάλυση δεδομένων, και τα IoT, Βιομηχανικό IoT, IoMT και Internet of Drones (IoD) για τη συλλογή δεδομένων. Το AI εφαρμόζεται προκειμένου να πραγματοποιούνται οι εσωτερικές διαδικασίες πιο αποτελεσματικά. Στη συνέχεια, εφαρμόζονται προσεγγίσεις cloud, fog, και edge computing για αποτελεσματική αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων, ξεκινώντας από κοντινές τοποθεσίες σε μια μακρινή ασφαλή θέση. Ομοίως, ανακτώνται, παρατηρούνται και αναλύονται για την εξάπλωση της πανδημίας και άλλα δεδομένα από διαφορετικές πηγές. Το Σχήμα 9 δείχνει την προτεινόμενη αρχιτεκτονική για παρακολούθηση, έλεγχο και ανάλυση του COVID-19 που βασίζεται σε drone σε ένα έξυπνο σύστημα υγειονομικής περιθάλψης.



Σχήμα 9 : Αρχιτεκτονική για παρακολούθηση, έλεγχο και ανάλυση COVID-19 σε έξυπνο σύστημα υγειονομικής περιθάλψης βασισμένο σε drone

[16]

3.6 Περιορισμοί της χρήσης των drones στη Βιομηχανία της Υγείας

3.6.1 Νομικό πλαίσιο

Η νομική πτυχή συνδέεται με την ανάπτυξη και την ταχεία εξάπλωση των drones, η οποία δεν επέτρεψε στους νόμους και τους κανονισμούς να προσαρμοστούν στην άφιξή τους. Η νομοθεσία έχει καθυστερήσει και άργησε να ανταποκριθεί στις προσδοκίες μιας τεχνολογίας που συνεχίζει να προοδεύει. Αυτήν τη στιγμή βρισκόμαστε σε μια κατάσταση στην οποία οι κανόνες που πρέπει να τηρούνται είναι ασαφείς και είναι πολύπλοκο να προσδιοριστεί προς ποια κατεύθυνση θα αναπτυχθούν οι νομοθεσίες. Επί του παρόντος, κάθε χώρα έχει τους δικούς της κανόνες και δεν υπάρχουν κοινές γραμμές. [14]

Το σημείο που έθιξαν διάφοροι νομοθέτες είναι ότι τα drones αποτελούν πραγματική απειλή για το απόρρητο και την ασφάλεια των πληροφοριών που είναι αποθηκευμένες σε διάφορα συστήματα, ειδικά για τις κυβερνήσεις. Ωστόσο, οι κυβερνητικές υπηρεσίες υποστηρίζουν ότι τα drones είναι σημαντικά για τις πολυάριθμες εργασίες που μπορούν να εκτελέσουν. Επιπλέον, τα drones θεωρούνται φθηνότερα όσον αφορά τις λειτουργίες καθώς και το κόστος συντήρησης.[11]

Ένας επιπρόσθετος ανασταλτικός παράγοντας αφορά στους περιορισμούς πτήσεων και τις περιοχές επιτρεπόμενης κυκλοφορίας των drones. Στις περισσότερες χώρες υπάρχουν αυστηροί κανόνες σχετικά με την πτήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Για παράδειγμα κάποιιοι τέτοιοι κανόνες συμπεριλαμβάνουν το να πρέπει τα drones να παραμένουν πάντοτε σε οπτική επαφή με τον χρήστη και σε καθορισμένη ελάχιστη απόσταση από κτίρια, οχήματα ή μεγάλο πλήθος και ποτέ πάνω από ιδιωτικές κατοικημένες περιοχές. Αυτοί οι κανονισμοί επιβραδύνουν την πρόοδο της εφαρμογής ενός αυτόνομου δικτύου drone με υπηρεσίες ιατρικού ή μη σκοπού. Τα drones παράδοσης για παράδειγμα είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα απαιτήσουν πτήση σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους, και σε περίπτωση που για την υπηρεσία που προσφέρουν απαιτείται ενσωματωμένη κάμερα για καταγραφή δεδομένων βίντεο, οι ευαίσθητες πληροφορίες που καταγράφονται θα είναι ευάλωτες στους χάκερ που υποκλέπτουν τα δεδομένα ενδιάμεσα ή από τη βάση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Περισσότερα για την προστασία των δεδομένων ακολουθεί στην υποενότητα 3.6.3 *Κυβερνοασφάλεια και προστασία των προσωπικών δεδομένων*. Δεδομένου ότι πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία, με αυξημένη έρευνα και ανάπτυξη, ελπίζεται ότι θα εισαχθούν οι απαραίτητες άδειες για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων για κάποιες τουλάχιστον υπηρεσίες που χρησιμοποιούν drones. [9]

3.6.2 Τεχνολογικοί περιορισμοί και ασφάλεια χρήσης

Τα drones είναι σήμερα μια αναπτυσσόμενη τεχνολογία με πολλούς περιορισμούς στις εμπορικές τους δυνατότητες. Ένας τέτοιος τεχνολογικός περιορισμός είναι η χωρητικότητα της μπαταρίας που περιορίζει τους χρόνους ταξιδιού τους και μειώνει το διαθέσιμο χρόνο λειτουργίας τους. Αυτό είναι πιθανό να βελτιωθεί σημαντικά τα επόμενα χρόνια όπου αναμένεται ανάπτυξη στην τεχνολογία ασύρματου σημείου φόρτισης. Η ηχορύπανση που προκαλείται κατά τη διάρκεια πτήσης των drones είναι ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να εξεταστεί. Ενώ ο καιρός είναι ένας ακόμη παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη για τις δυνατότητες των drones. Ενδέχεται να είναι δύσκολο να εφαρμοστεί επιτυχώς ένα δίκτυο μη επανδρωμένων αεροσκαφών σε απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες. Ακόμη ένα υπαρκτό πρόβλημα αφορά τη χρηματική αξία του εξοπλισμού που απαιτεί ένα σύστημα που χρησιμοποιεί drone. Η κλοπή του εξοπλισμού αποτελεί επίσης ανησυχία και πρέπει να ληφθεί υπόψη. [9]

Κάποιες από τις τεχνικές προδιαγραφές των drones που πρέπει να προσαρμοστούν, προκειμένου να είναι αξιόπιστα και μην αποτελούν κίνδυνο για το κοινό παρουσιάζονται στην συνέχεια.

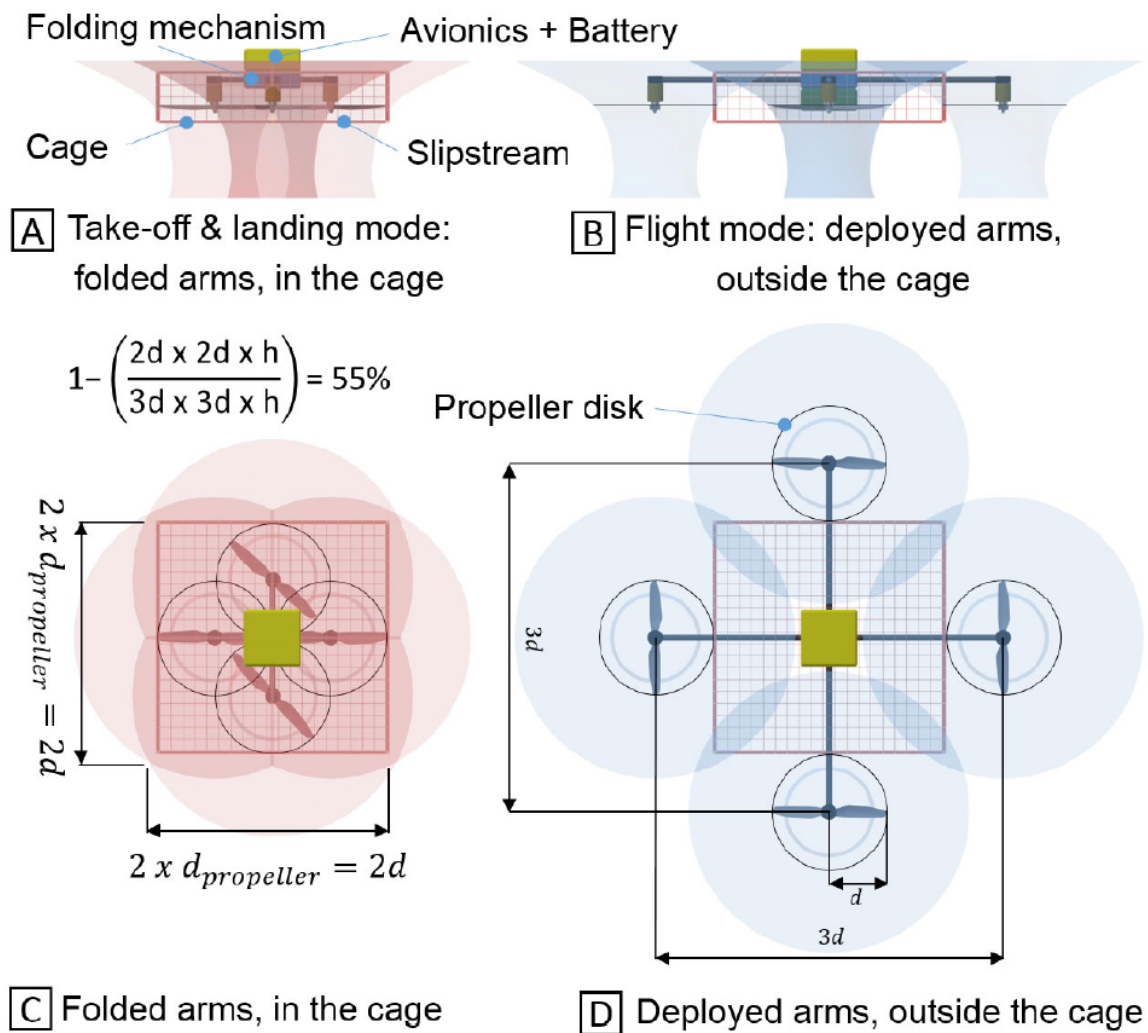
i. Εξασφάλιση επιτυχής ολοκλήρωσης της αποστολής

Η ασφάλεια είναι ένας παράγοντας που απασχολεί τους ερευνητές τόσο για την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, όσο και για τον χρήστη/χειριστή και το κοινό. Ένα από τα τρωτά σημεία της χρήσης drones αφορά τις περιπτώσεις όπου τα drones συλλαμβάνονται και ελέγχονται μέσω αλλοίωσης των συντεταγμένων του GPS (GPS spoofing) ή εμπλοκής του σήματος (signal jamming). Αυτά τα τρωτά σημεία μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα το drone να χάσει τον έλεγχο και να συντριβεί, θέτοντας σε κίνδυνο τη δημόσια ασφάλεια και προκαλώντας ζημιές στο ίδιο. Όταν ένα ιατρικό drone κινδυνεύει να μην φτάσει στον προορισμό του, στις περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης για παροχή βοήθειας, επηρεάζεται σημαντικά η πιθανότητα επιβίωσης του ασθενούς. [9]

ii. Ασφαλής κάλυψη των ελίκων

Τα drones παράδοσης που χρησιμοποιούνται από ιδιωτικές εταιρείες διανομής-παράδοσης σήμερα είναι εξοπλισμένα με προπέλες χωρίς προστασία, οι οποίες αποτελούν σημαντικό εμπόδιο για την παράδοση δεμάτων στο χέρι. Οι εκτεθειμένες λεπίδες έλικας είναι επικίνδυνες για ανυποψίαστους παρευρισκόμενους, κατοικίδια ζώα και μη εκπαιδευμένους χρήστες. Μια λύση για την παροχή ασφάλειας είναι να περικλείεται εξολοκλήρου το drone σε ένα προστατευτικό κλουβί. Ωστόσο, τα υπάρχοντα σχέδια κλωβού που έχουν καταστρώσει ερευνητές παρεμποδίζουν τη ροή αέρα στους έλικες, και επομένως μειώνεται η αποτελεσματικότητα. Ενώ τα σχετικά μεγάλα ανοίγματα στο κλουβί

δεν προστατεύουν τα χέρια από τις περιστροφικές προπέλες. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, οι ερευνητές του [19] σχεδίασαν ένα νέο κλωβό για drone κατασκευασμένο από ένα πυκνό και ελαφρύ πλέγμα. Όταν κινούνται κοντά σε ανθρώπους, οι βραχίονες και οι έλικες αποσύρονται και σφραγίζονται πλήρως μέσα στον κλωβό, καθιστώντας έτσι το drone ασφαλές. Όταν πετούν σε υψόμετρο μακριά από ανθρώπους και αντικείμενα, οι βραχίονες και οι έλικες εκτείνονται έξω από το προστατευτικό πλέγμα, αυξάνοντας έτσι την αεροδυναμική απόδοση κατά περισσότερο από 20%. Ο σχεδιασμός αυτός φαίνεται στην Εικόνα 20.



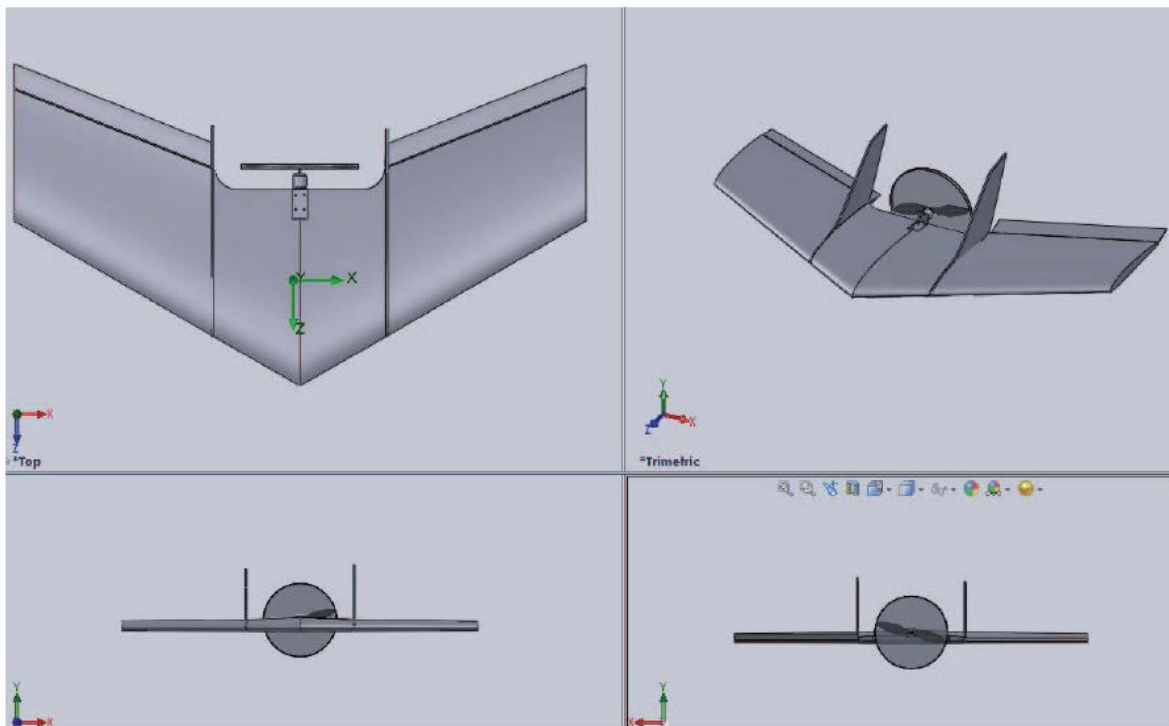
Εικόνα 20 : (A–B) Πλάγια διατομή τετρακόπτερου drone με δέμα και κλωβό. (C–D) Κάτοψη του τετρακόπτερου χωρίς το δέμα. (A, C) Ασφαλής λειτουργία: βραχίονες μέσα στο κλωβό για απογείωση και προσγείωση. (B, D) Αναπτυγμένη λειτουργία για πτήση: βραχίονες αναπτύσσονται έξω από το κλωβό. [19]

iii. Αεροδυναμική

Σε αστικά περιβάλλοντα όπου οι ριπές ανέμου είναι άφθονες, τα μικρά drones με σταθερά φτερά αντιμετωπίζουν δύσκολες προκλήσεις σε ιατρικές αποστολές. Η εργασία [17] προτείνει τη λύση των εύκαμπτων πτερυγίων που προσαρμόζονται παθητικά στη ροή. Μία από τις πιο σημαντικές

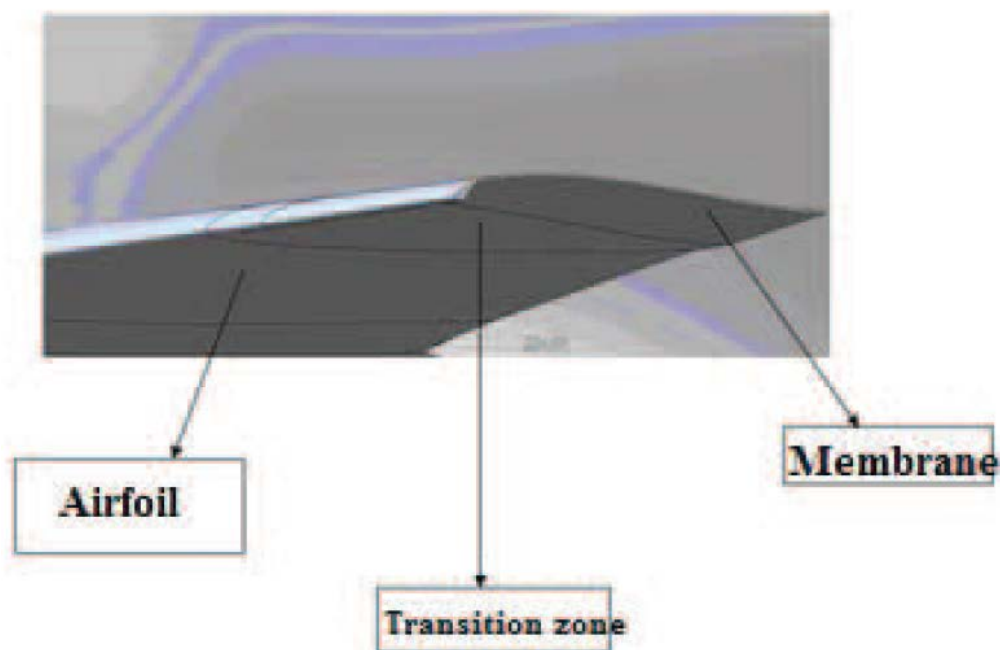
επιλογές στο σχεδιασμό του drone είναι η επιλογή της αεροτομής. Για αστικές ιατρικές αποστολές, το σχέδιο πτήσης θα περιλαμβάνει κανονικά τα ακόλουθα στάδια: απογείωση, ανύψωση στο επιθυμητό υψόμετρο (για αποφυγή κτιρίων), ανάπτυξη ταχύτητας προς τον στόχο (ασθενής, στέγη νοσοκομείου κ.λπ.), ή χαλαρότερη πορεία (για παράδοση πακέτων ή εντοπισμό στόχου), κάθοδος προς στόχο ή επιστροφή στη βάση και τελικά προσγείωση. Επομένως, η κατασκευή πρέπει να είναι αρκετά άκαμπτη για να μην υποστεί ζημιά από κρούση από την προσγείωση, αλλά και να χρησιμοποιεί εύκαμπτα φτερά. [17]

Η ιδέα που αναπτύχθηκε στο [17] για εύκαμπτα φτερά χρησιμοποιεί ένα σχέδιο μικρού ιπτάμενου φτερού με εύκαμπτες επιφάνειες σχεδιασμένες για αποτελεσματικό έλεγχο (Εικόνα 21). Τα φτερά είναι λεπτά και καμπυλωτά προκειμένου να παρέχουν πλευρική σταθερότητα. Το drone που σχεδιάστηκε είναι κατασκευασμένο με σκελετό από ανθρακονήματα και υλικά λεπτής μεμβράνης. Η άτρακτος χρησιμοποιεί προ-εμποτισμένο ύφασμα από ανθρακονήματα και στην επιφάνεια ελέγχου του πτερυγίου υπάρχει προσαρμοσμένη μεμβράνη από καουτσούκ λατέξ. Αυτή η διαμόρφωση χρησιμοποιεί ένα μικτό σώμα πτερυγίου: η άτρακτος αναμειγνύεται στο φτερό χρησιμοποιώντας μια αρχικά τυπική αεροτομή E184⁶ και στη συνέχεια αναμειγνύεται με την ειδικά σχεδιασμένη αεροτομή που έχει παχύτερη μπροστινή άκρη και μεμβράνη λατέξ. Στο ένα τρίτο περίπου του μήκους της χορδής, η μεμβράνη λατέξ ξεκινά να λεπταίνει την αεροτομή σημαντικά (Εικόνα 22).



Εικόνα 21 : Η γεωμετρία του πτερυγίου μοντελοποιημένη με χρήση SOLIDWORKS [17]

⁶ <https://m-selig.ae.illinois.edu/ads/afplots/e184.gif>



Εικόνα 22 : Ευέλικτος σχεδιασμός πτερυγίων με ενισχυμένη σύνθετη στην μπροστινή άκρη και κύρια επιφάνεια μεμβράνης λαπέξ [17]

Τα εύκαμπτα φτερά μπορούν να προσαρμοστούν στη ροή του αέρα και με αυτόν τον τρόπο παρέχουν μια ομαλότερη πτήση. Αυτή είναι η διαδικασία παθητικού-προσαρμοστικού washout. Το “passive washout” συναντάται και στα πανιά σκαφών, όταν προκαλείται η συστροφή του πανιού. Υπάρχουν δύο πράγματα που συμβαίνουν όταν το πανί στρίβει: πρώτον, υπάρχει συνεχής παροχή ανύψωσης ακόμη και σε θυελλώδεις μετεωρολογικές συνθήκες και δεύτερον, το εύρος ταχύτητας του ανέμου που επηρεάζει το πανί μειώνεται. Οι κύριες παράμετροι που αλλάζουν πραγματικά τις λειτουργίες ενός εύκαμπτου πτερυγίου είναι η ταχύτητα της ροής ανέμου και η πρόσπτωση. Αφού η δομή των πτερυγίων περιστρέφεται και η μεμβράνη επεκτείνεται, δηλαδή συμβαίνει passive washout, η γωνία προσβολής τροποποιείται με την κάμψη της μεμβράνης κατά μήκος του πτερυγίου. Σε περίπτωση ριπής ανέμου η ταχύτητα ροής πάνω από τη μεμβράνη θα αυξηθεί. Η αλυσίδα των γεγονότων που συνδέεται με αυτήν την αύξηση είναι μια αλλαγή σχήματος μεμβράνης, ακολουθούμενη από χαμηλότερη κατανομή ανύψωσης. Ωστόσο, η θετική πτυχή είναι ότι η ριπή φέρνει ροή υψηλής ταχύτητας που αντισταθμίζει την απώλεια ανύψωσης. Όταν η ριπή εξαφανιστεί, η μεμβράνη επιστρέφει στο αρχικό σχήμα και διαμόρφωση.[17]

Σε μια σχετικά θυελλώδη ημέρα για ένα μικρό αεροσκάφος με άκαμπτο φτερό, η δυναμική διαδικασία που παρουσιάστηκε πριν γίνεται σοβαρό πρόβλημα. Ωστόσο, για εύκαμπτα φτερά πραγματοποιείται ομαλή πτήση, ακόμη και σε θυελλώδεις ανέμους. Είναι γνωστό ότι οι επιπτώσεις των ριπών ανέμου γίνονται κρίσιμες με τη μείωση του μεγέθους των αεροσκαφών και πολύ περισσότερο, όταν υπάρχει κάμερα επί του σκάφους ή ευαίσθητο ιατρικό πακέτο. Αυτός είναι ο λόγος

για τον οποίο είναι κρίσιμο να λυθεί το πρόβλημα της αεροδυναμικής προκειμένου να παρακολουθείται η κατανομή της πίεσης και η αντίστοιχη αλλαγή σχήματος των επιφανειών ανύψωσης, για να λυθούν τα προβλήματα ελέγχου αυτών των μικρών εναέριων οχημάτων.[17]

iv. Βαθμονόμηση δεδομένων των αισθητήρων

Οι ασταθείς και δυναμικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η πίεση του αέρα, η θερμοκρασία, η υγρασία και η κίνηση του ανέμου, μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο τις μετρήσεις των αισθητήρων των drones. Επομένως, ο τρόπος βαθμονόμησης των δεδομένων των μετρήσεων για να προσεγγίσουν τις πραγματικές τιμές γίνεται βασικό μέλημα για ένα σύστημα δυναμικής παρακολούθησης. Γενικά, οι προσεγγίσεις βαθμονόμησης θεωρούν αυτό το πρόβλημα ως πρόβλημα παλινδρόμησης για τη δημιουργία μιας συνάρτησης ελαχιστοποιώντας το τετράγωνο των σφαλμάτων. Ωστόσο, καμία από τις υπάρχουσες μεθόδους βαθμονόμησης δεν μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα στην περίπτωση των συστημάτων Aerial-IoT, όπου οι μετρήσεις των αισθητήρων ποικίλλουν γρήγορα με πολλαπλούς και σύνθετους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Επιπλέον, η συσχέτιση μεταξύ των δεδομένων μέτρησης, των περιβαλλοντικών παραγόντων (οι οποίοι συνήθως δεν είναι κλιμακωτοί) και των αποτελεσμάτων είναι δύσκολο να ερμηνευθούν.[20]

Η έρευνα [20], καταλήγει στο γεγονός ότι υπάρχουν κυρίως δύο προκλήσεις που πρέπει να επιλυθούν. Η πρώτη πρόκληση είναι ο σχεδιασμός συστήματος, με αυξημένη ικανότητα σε μεγάλο υψόμετρο και δυναμικές συνθήκες για τη λήψη αποδεκτών μετρητικών δεδομένων. Έπειτα, η δεύτερη πρόκληση είναι ο σχεδιασμός του αλγορίθμου, καθώς ο ρυθμός δειγματοληψίας και η ακρίβεια εξακολουθούν να μην επαρκούν για την ανάκτηση της αρχικής μετρούμενης ροής δεδομένων. Ο σχεδιασμός ενός αλγορίθμου βαθμονόμησης δεδομένων σε σχέση με τη μοντελοποίηση των χαρακτηριστικών των δεδομένων από τους αισθητήρες και των περιβαλλοντικών παραγόντων είναι μια πολύ απαιτητική εργασία.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων, η έρευνα [20] προτείνει ένα δυναμικό εναέριο σύστημα μέτρησης, το DropSense, και όσον αφορά τον σχεδιασμό του αλγορίθμου, προτείνει ένα νέο μοντέλο βαθμονόμησης δεδομένων που βασίζεται στο νευρωνικό δίκτυο (DC-NN) για να συλλάβει τις πολύπλοκες συσχετίσεις αισθητήρα-αισθητήρα και περιβάλλοντος-αισθητήρα στο δυναμικό περιβάλλον μεγάλου υψομέτρου. Συγκεκριμένα, οι αναπαραστάσεις εσωτερικής και εξωτερικής συσχέτισης υπολογίζονται μέσω του σχεδιασμού μονοπατιού στο επίπεδο συσχέτισης του νευρωνικού δικτύου.

3.6.3 Κυβερνοασφάλεια και προστασία των προσωπικών δεδομένων

Οι υπάρχουσες τεχνολογίες, ειδικά το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), περιλαμβάνουν τη συνεχή ανταλλαγή δεδομένων. Η χρήση των μη επανδρωμένων αεροσκαφών κατηγοριοποιείται επίσης ως συσκευή IoT λόγω της ικανότητάς της να επικοινωνεί με άλλες συσκευές μέσω Διαδικτύου, να λαμβάνει δεδομένα εισόδου και να στέλνει δεδομένα εξόδου όπως απαιτείται. Μια κύρια πρόκληση είναι η εγγύηση της ασφάλειας των συσκευών και του απορρήτου των δεδομένων. Το 2014, τουλάχιστον 750.000 συσκευές IoT παραβιάστηκαν μέσω ηλεκτρονικού ψαρέματος και ανεπιθύμητων μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Αυτά τα στοιχεία είναι ανησυχητικά, ειδικά όταν πρόκειται για κρίσιμες αποστολές [11]. Τα μη επανδρωμένα εναέρια μέσα χρησιμοποιούνται σε διάφορες «έξυπνες» εφαρμογές, όπως αμυντικές πολιτικές και υγειονομικές υπηρεσίες. Καθώς τα δεδομένα σε αυτές τις εφαρμογές ρέουν μέσω ενός ανοικτού καναλιού, δηλαδή του Διαδικτύου, η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα είναι πάντα ένα δύσκολο ζήτημα [21].

Μερικά από τα περιστατικά που σχετίζονται με την κυβερνοασφάλεια των drones που έχουν αναφερθεί στο παρελθόν είναι [11]:

- Το 2011, ένας Ιρανός μηχανικός κατηγορήθηκε ότι χρησιμοποίησε GPS spoofing για να επιτεθεί σε αμερικανικό λαθραίο drone. Ο μηχανικός ξεγέλασε τις συντεταγμένες του GPS και οδήγησε το drone να προσγειωθεί σε διαφορετική τοποθεσία.
- Οι Ηνωμένες Πολιτείες χρησιμοποίησαν drones για να συγκεντρώσουν πληροφορίες για τους εχθρούς τους, ειδικά στο Αφγανιστάν και το Ιράκ. Αυτό αποτελεί πραγματική απειλή για τις κυβερνητικές και στρατιωτικές πληροφορίες που αποθηκεύονται από τους αντιπάλους τους.
- Το 2018, άγνωστος αριθμός drones χρησιμοποιήθηκε για να παραλύσει τις δραστηριότητες στο αεροδρόμιο Gatwick. Αυτά τα drones ελέγχονταν εξ αποστάσεως και καθήλωσαν πάνω από 1000 πτήσεις για τρεις ημέρες. Παρά την έκταση του περιστατικού, η αστυνομία δεν κατάφερε να εντοπίσει τους δράστες.

Είναι φανερό ότι η αυξανόμενη χρήση της ασύρματης τεχνολογίας σε συστήματα και συσκευές υγειονομικής περίθαλψης καθιστά αυτά τα συστήματα ιδιαίτερα ανοιχτά σε επιθέσεις που βασίζονται στον κυβερνοχώρο, συμπεριλαμβανομένης της άρνησης παροχής υπηρεσιών και της κλοπής πληροφοριών μέσω επιθέσεων sniffing (αυτοκλοπή) και phishing. Η εξελισσόμενη τεχνολογία επιτρέπει στα ασύρματα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης να επικοινωνούν σε μεγαλύτερες αποστάσεις, γεγονός που τα ανοίγει σε μεγαλύτερο αριθμό πιθανών απειλών. Τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα παρουσιάζουν μια νέα και εξελισσόμενη επιφάνεια επίθεσης. [22]

Η επιτυχής λειτουργία και υιοθέτηση του IoD (Internet of Drones) περιορίζεται από τις υπάρχουσες και τις αναδυόμενες απειλές στα τρωτά σημεία ασφαλείας. Τα drones συλλέγουν και μεταφέρουν ευαίσθητα δεδομένα, και αυτό τα έχει καταστήσει ως στόχο για εισβολείς. Η απώλεια ή η διαρροή δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε ζητήματα απορρήτου και εμπιστοσύνης. Οι τρέχουσες επικοινωνίες δημόσιας ασφάλειας βασίζονται σε IoD για τη διευκόλυνση της επικοινωνίας δικτύου. Ως αποτέλεσμα, οι εισβολείς επιδιώκουν να αποκτήσουν τα ιδιωτικά ή δημόσια κλειδιά κρυπτογράφησης μεταξύ των συσκευών επικοινωνίας. Η λήψη κλειδιών επικοινωνίας αποτελεί παραβίαση του απορρήτου. Οι εισβολείς εκμεταλλεύονται συσκευές ή ευπάθειες της πλατφόρμας δικτύου για να αποκτήσουν πρόσβαση στα κλειδιά.[11]

3.6.3.1 Είδη-τύποι ασύρματων επιθέσεων

Στην συνέχεια παρουσιάζεται μια απαρίθμηση των τύπων ασύρματων επιθέσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσω drones.

1) Επίθεση αποταυτοποίησης

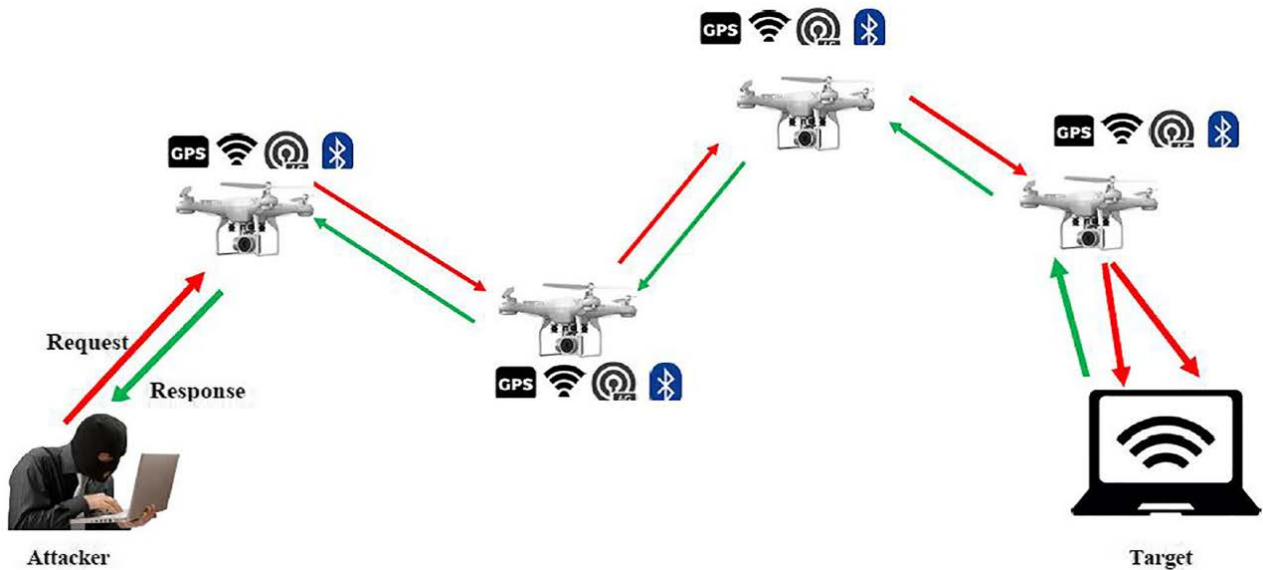
Μια επίθεση κατάργησης ταυτότητας είναι μια μορφή κατανεμημένης επίθεσης με άρνηση υπηρεσίας (Denial of Service – DoS). Αυτή η επίθεση μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους [22]:

- i. Ενάντια στους πελάτες που έχουν πιστοποιηθεί: Ο εισβολέας στέλνει μια σειρά πλαισίων κατάργησης ταυτότητας στους πελάτες ζητώντας από τους πελάτες να αποσυνδεθούν από το σημείο πρόσβασης (Access Point - AP).
- ii. Ενάντια στο AP: Ο εισβολέας στέλνει μια σειρά από πακέτα κατάργησης ταυτότητας στο AP για να ελέγξει εκ νέου όλους τους συνδεδεμένους πελάτες. Αυτή η χειραγώγηση λαμβάνει χώρα μεταξύ νόμιμων πελατών και AP μέσω επαναληπτικού ελέγχου ταυτότητας. Η επίθεση αυτή αποσυνδέει όλους τους συνδεδεμένους πελάτες.

2) Επίθεση με σκαλοπάτι (Stepping-stone attack)

Η επίθεση με σκαλοπάτι χρησιμοποιεί πολλαπλούς κεντρικούς υπολογιστές (σε αυτή την περίπτωση UAVs) για να εξαπολύσει μια επίθεση εναντίον του στόχου. Το Σχήμα 10 απεικονίζει την ενδιάμεση επίθεση χρησιμοποιώντας πολλαπλά UAVs. Ο εισβολέας εκκινεί το δίκτυο UAV που είναι συνδεδεμένο μεταξύ τους μέσω ενός κινητού hotspot. Στη συνέχεια, ο εισβολέας στέλνει την εντολή επίθεσης ως αίτημα στο UAV που είναι άμεσα συνδεδεμένο μαζί του. Το αίτημα επίθεσης προωθείται μέσω των ενδιάμεσων UAVs (hops) μέχρι να φτάσει στο UAV προορισμού που είναι πιο κοντά στο σύστημα στόχο. Μόλις το UAV στόχος λάβει την εντολή από τον εισβολέα, ξεκινά την επίθεση στον

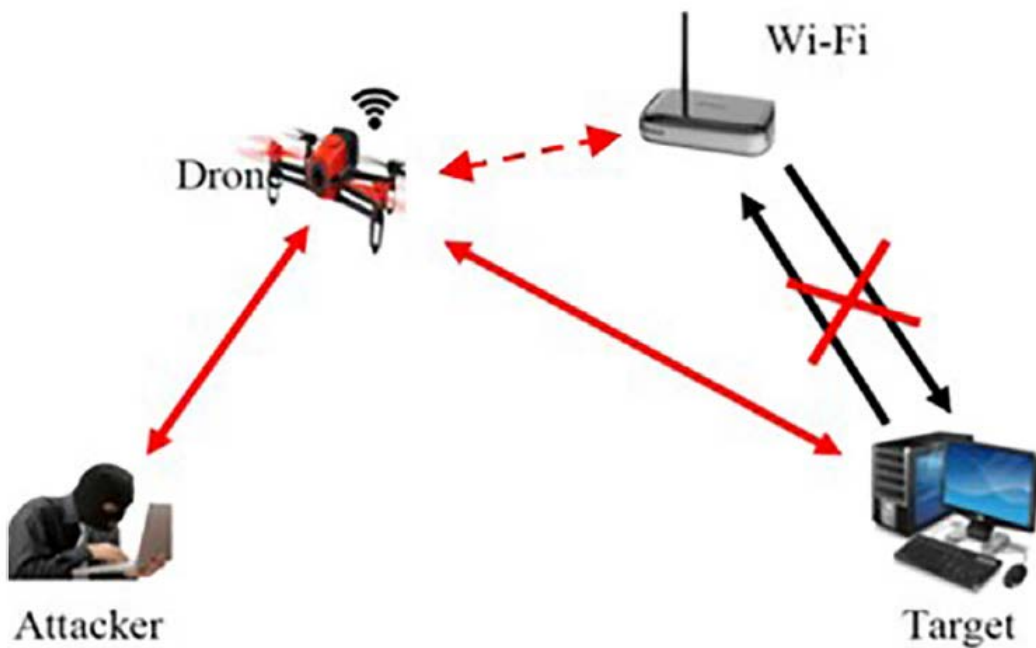
στόχο και επιστρέφει τυχόν δεδομένα απόκρισης στον εισβολέα μέσω των ενδιάμεσων αναπηδήσεων ή αποθηκεύει τα δεδομένα απόκρισης στο χώρο αποθήκευσης cloud. [22]



Σχήμα.10 : Stepping-stone επίθεση με πολλαπλά UAV [22]

3) Επίθεση με drone-in-the-middle (DitM).

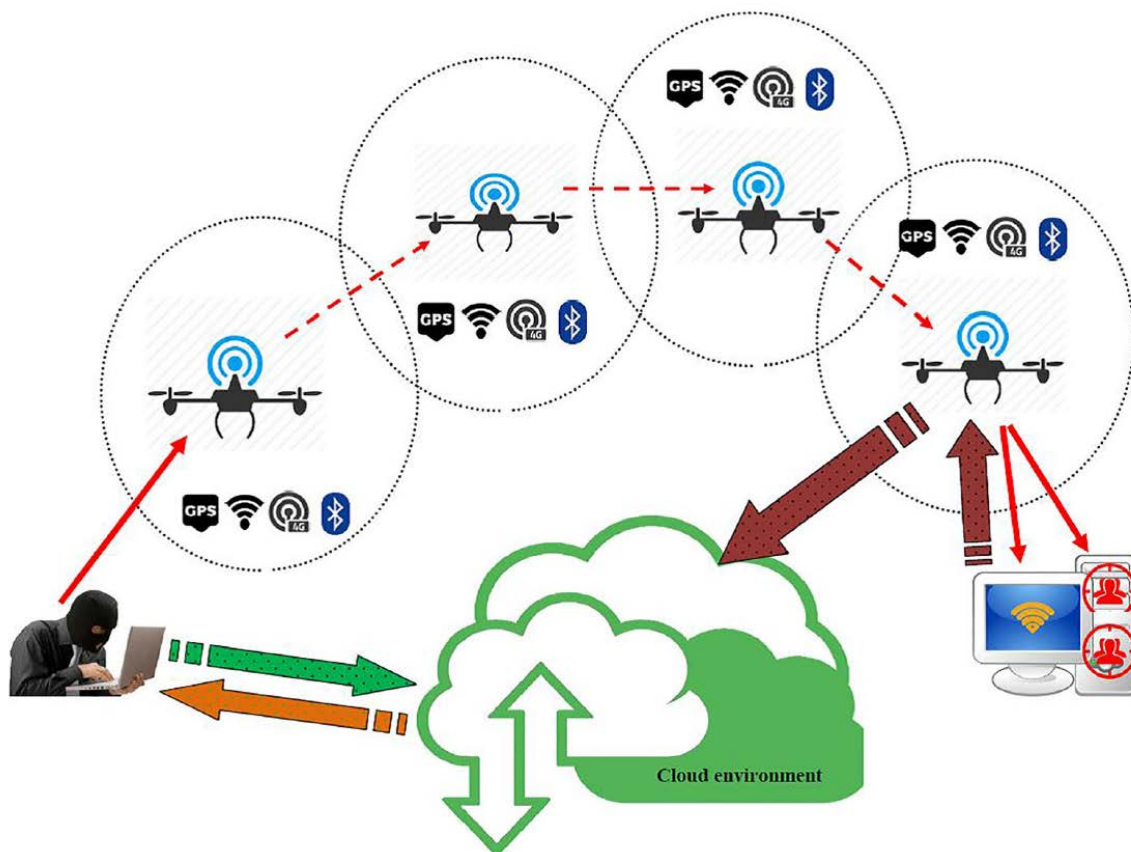
Η επίθεση drone-in-the-middle χρησιμοποιείται για να αναλάβει τη διαδρομή επικοινωνίας μεταξύ δύο συσκευών, αναχαιτίζοντας και ανακατευθύνοντας όλες τις επικοινωνίες [22]. Το Σχήμα 11 απεικονίζει την επίθεση DitM.



Σχήμα.11 : Επίθεση με drone-in-the-middle [22]

4) Επίθεση UAV υποβοηθούμενη από cloud

Γενικά, τα πακέτα δεδομένων που παράγονται στο ασύρματο δίκτυο είναι τεράστια και απαιτούν πολύπλοκους υπολογισμούς για την ανάκτηση ζωτικής σημασίας πληροφοριών. Τα UAVs με βασικό χώρο αποθήκευσης και περιορισμένη εφεδρική μπαταρία δεν μπορούν να εκτελέσουν αυτούς τους περίπλοκους υπολογισμούς. Προκειμένου να αποφευχθεί η επιβάρυνση της αποθήκευσης και να παραταθεί η διάρκεια ζωής της μπαταρίας, αναπτύσσονται UAVs με υποστήριξη cloud, έτσι ώστε τα δεδομένα να μπορούν να μετακινούνται εύκολα στο cloud με ελάχιστη χρήση μπαταρίας. Τα UAVs με δυνατότητες cloud χρησιμοποιούνται από τον εισβολέα για την αποθήκευση χακαρισμένων δεδομένων εξ αποστάσεως, έτσι ώστε ο εισβολέας να έχει πρόσβαση στα δεδομένα οποιαδήποτε στιγμή και στην τοποθεσία της επιλογής του, όπως φαίνεται στο Σχήμα 12. [22]



Σχήμα 12 : Επίθεση UAV υποβοηθούμενη από cloud [22]

5) Wifiphishing

Το Wifiphishing είναι μια τεχνική μεταμφιεσμένης επίθεσης που χρησιμοποιείται στο δίκτυο Wi-Fi για την κλοπή ζωτικής σημασίας πληροφοριών, όπως κωδικούς πρόσβασης σύνδεσης, πληροφορίες ιατρικού λογαριασμού κ.λπ. Το Wifiphishing περιλαμβάνει δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση, ο εισβολέας δημιουργεί ανιχνευτές κατάργησης ταυτότητας για να καταργήσει την ταυτότητα

των πελατών που είναι συνδεδεμένοι στο νόμιμο AP. Στη συνέχεια, ο εισβολέας μεταμφιέζεται ως το νόμιμο AP εκκινώντας ένα ψεύτικο σημείο πρόσβασης. Τέλος, οι πελάτες αναγκάζονται να πραγματοποιήσουν εκ νέου έλεγχο ταυτότητας με το UAV να ενεργεί ως AP. Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει μια ψεύτικη σελίδα σύνδεσης που εμφανίζεται αναγκαστικά στην πλευρά του πελάτη, προτρέποντας τους πελάτες να εισαγάγουν τα έγκυρα διαπιστευτήρια για να επανασυνδεθούν με το AP. Ομοίως, ο εισβολέας μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιεσδήποτε σελίδες ηλεκτρονικού ψαρέματος (phishing) για να υποκλέψει ζωτικές πληροφορίες, όπως κωδικούς πρόσβασης πύλης ασθενών. [22]

3.6.3.2 Τεχνολογία blockchain στην κυβερνοασφάλεια

Με την εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain, υπάρχει δυνατότητα ενίσχυσης του νέου μοντέλου υγειονομικής περίθαλψης που χαρακτηρίζεται από ανταλλαγή πληροφοριών, διασφαλίζοντας ότι τα αρχεία υγείας παραμένουν αποτελεσματικά, ακριβή και αξιόπιστα.[11] Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να εφαρμοστεί για την καλύτερη λειτουργία των ιατρικών drone σε διάφορους τομείς όπως η ασφάλεια δεδομένων, η ταυτότητα, η διαχείριση στόλου και η διαχείριση της εναέριας κυκλοφορίας drone.

i. Ασφάλεια δεδομένων

Τα drones συλλέγουν, επεξεργάζονται, αποθηκεύουν και μεταδίδουν δεδομένα καθώς πετούν. Αυτά τα δεδομένα κινδυνεύουν να κλαπούν ή να παραβιαστούν από κακόβουλους παράγοντες. Τα δεδομένα σε περιοχές στις οποίες μπορεί να έχει πρόσβαση ένα drone, όπως κέντρα δεδομένων, εταιρείες και ιδιωτικές κατοικίες μεταξύ άλλων, κινδυνεύουν επίσης. Τα δεδομένα πρέπει να είναι κρυπτογραφημένα και αποκεντρωμένα. Αυτό είναι δυνατό με τη χρήση Blockchain, καθώς θα παρέχει κρυπτογραφικό υλικό που θα διασφαλίζει εμπιστευτική, αυθεντική και ασφαλή επικοινωνία μεταξύ των drones και των επίγειων σταθμών τους. Η χρήση αναγνωριστικών Blockchain θα επιτρέψει έναν ευέλικτο τρόπο καθιέρωσης μοντέλων εμπιστοσύνης σε ετερογενείς συσκευές, στις τεχνολογίες πρόσβασής τους, στους διαφορετικούς τομείς δικτύου και στα μοντέλα επικοινωνίας τους.[11]

ii. Διαχείριση Ταυτότητας

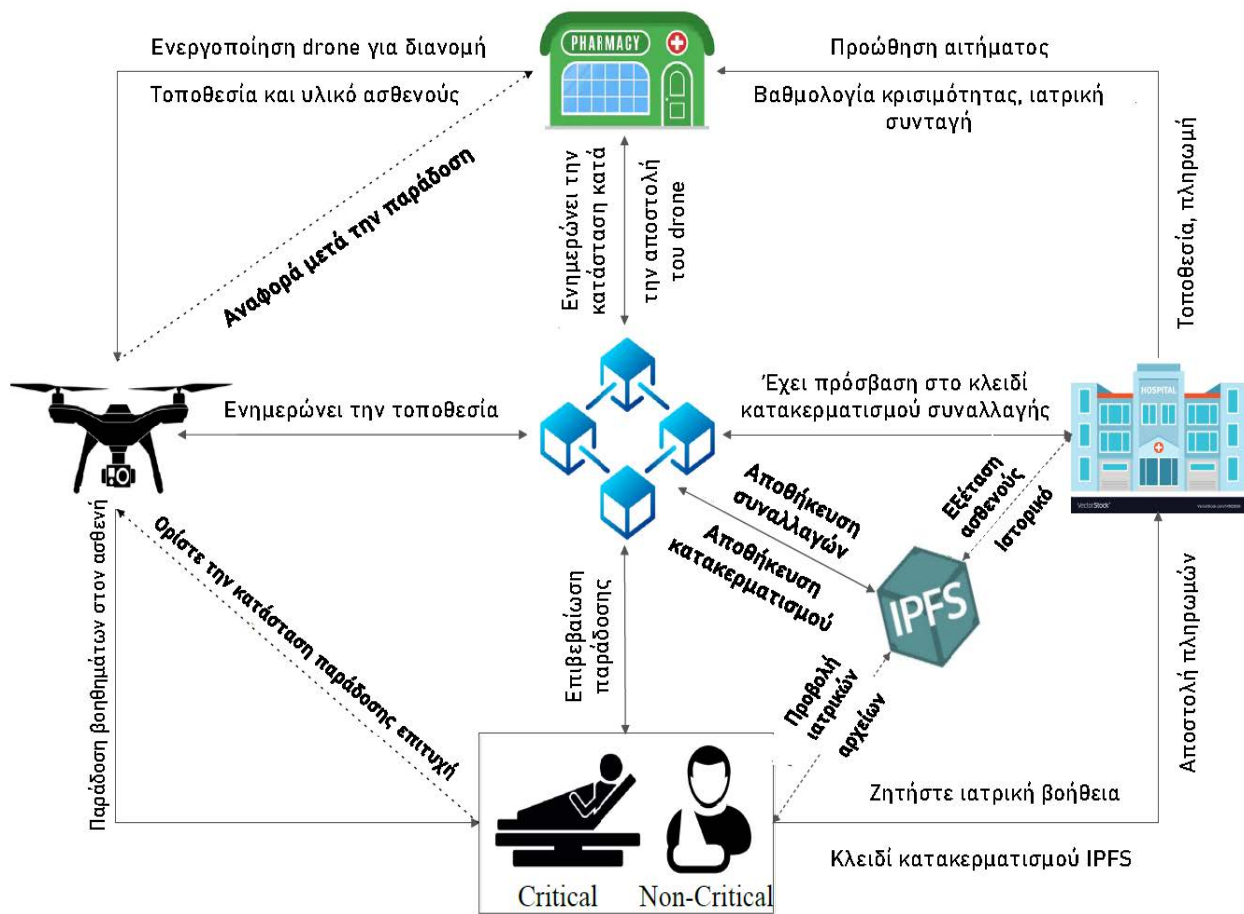
Τα drones δεν έχουν καμία μορφή αναγνώρισης καθώς πετούν, με αποτέλεσμα να μπορούν να εκμεταλλευτούν ευπάθειες στα ασύρματα δίκτυα χωρίς να εντοπίζονται. Η αναγνώριση των drones επομένως θα βοηθούσε στην παρακολούθηση και τον εντοπισμό παράνομων drones. Χρησιμοποιώντας το Blockchain, τα δεδομένα που σχετίζονται με την ταυτότητα των drones θα βρίσκονται σε μπλοκ που αποθηκεύονται σε κάθε κόμβο του δικτύου. Η

ταυτότητα ενός drone που θα ενταχθεί σε ένα τέτοιο δίκτυο θα επαληθευτεί από πολλά drones μέσω συναίνεσης. Αυτό θα διασφαλίσει ότι μόνο εξουσιοδοτημένα drones θα μπορούν να ενταχθούν στο δίκτυο. Τα παραβιασμένα drones θα στερούνται επικοινωνίας με άλλα drones και συσκευές εντός αυτού του δικτύου.[11]

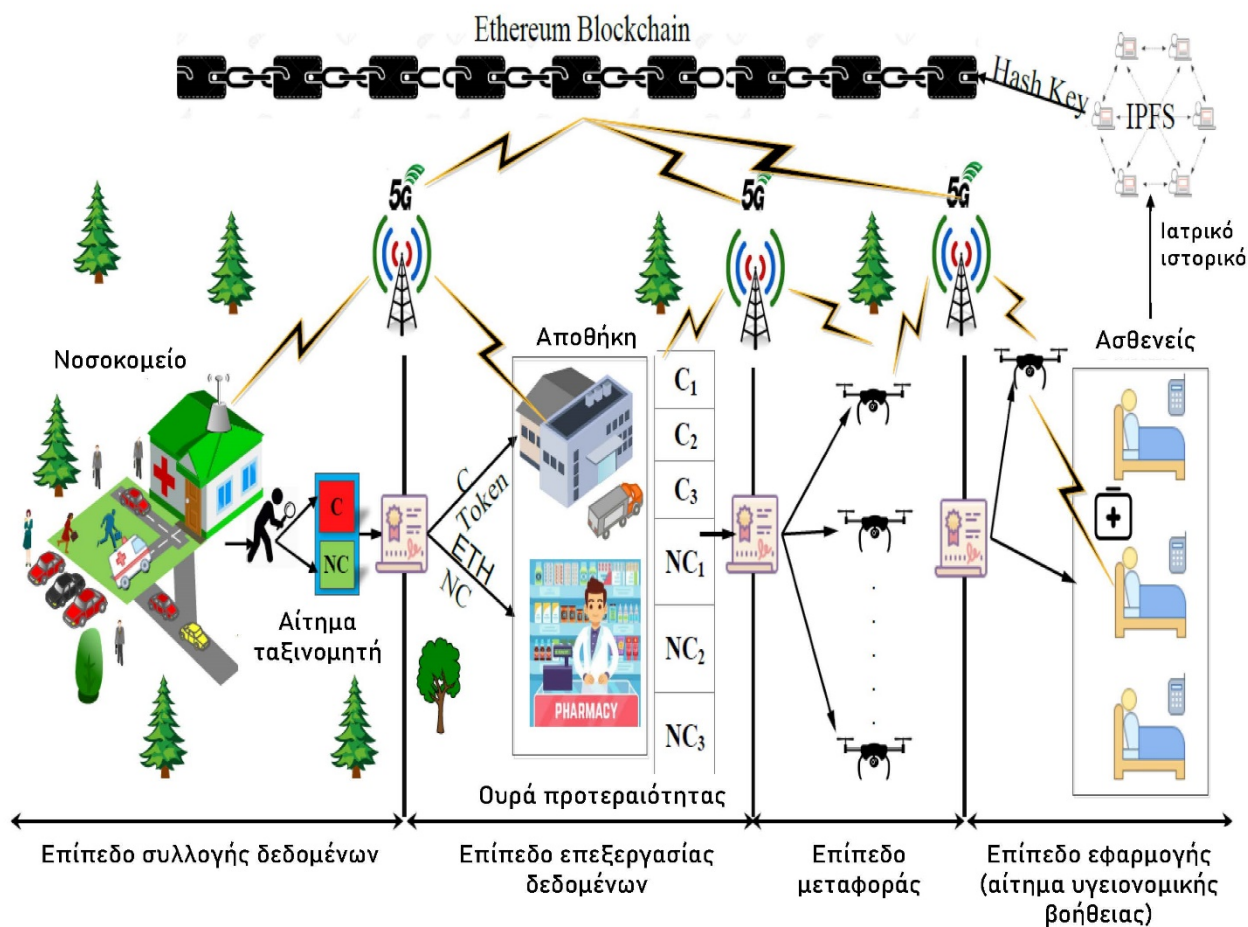
iii. Έλεγχος Κυκλοφορίας

Με τον αυξημένο αριθμό drones, ο κίνδυνος σύγκρουσης είναι υψηλός. Μαζί με τα στοιχεία ταυτότητας, ένα drone που χρησιμοποιεί το Blockchain θα μπορεί να ενημερώνει την τοποθεσία και τις λεπτομέρειες της διαδρομής της πτήσης του σε πραγματικό χρόνο. Αυτά τα δεδομένα, σε ένα Blockchain, θα είναι δημόσια διαθέσιμα σε άλλα drones για την παρακολούθηση της θέσης άλλων και την αποφυγή συγκρούσεων. Επιπλέον, πληροφορίες σχετικά με απαγορευμένες ζώνες, όπως αεροδρόμια και στρατιωτικά στρατόπεδα, μπορούν να ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο. Αυτό θα αποτρέψει την είσοδο μη αδειοδοτημένων drones σε τέτοιες τοποθεσίες. Τα δεδομένα είναι κρυπτογραφημένα, επομένως ασφαλή από κακόβουλους παράγοντες.[11]

Οι ερευνητές [21] του προτείνουν το VAHAK, ένα ασφαλές σύστημα εξωτερικής υγειονομικής περίθαλψης βασισμένο στο Ethereum Blockchain χρησιμοποιώντας UAVs. Το VAHAK παρέχει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ των UAVs με αποκεντρωμένο τρόπο, γεγονός που εξασφαλίζει την έγκαιρη παράδοση των απαιτούμενων ιατρικών προμηθειών σε ασθενείς σε κρίσιμη κατάσταση. Στο VAHAK, τα ζητήματα ασφάλειας, απορρήτου και αξιοπιστίας έχουν επιλυθεί χρησιμοποιώντας το Ethereum smart contract (ESC), ενώ τα προβλήματα κόστους αποθήκευσης αντιμετωπίζονται με πρωτόκολλο InterPlanetary File System IPFS. Τα τρωτά σημεία ασφαλείας του VAHAK ελέγχονται στο MyThril εργαλείο ανοιχτού κώδικα. Το VAHAK είναι αποτελεσματικό όσον αφορά το κόστος αποθήκευσης δεδομένων καθώς χρησιμοποιεί το IPFS για την αποθήκευση αρχείων υγειονομικής περίθαλψης και το Tactile Internet (TI) με δυνατότητα 5G, για επικοινωνία, αντίστοιχα. Η αξιολόγηση των επιδόσεων του VAHAK καταδεικνύει την αποτελεσματικότητά του σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα όπου υπερτερεί των υφιστάμενων προγραμμάτων σε σχέση με διάφορες μετρήσεις αξιολόγησης της απόδοσης, όπως επεκτασιμότητα, καθυστέρηση και εύρος ζώνης δικτύου. Στο Σχήμα 13 και στο Σχήμα 14 φαίνεται αντίστοιχα το μοντέλο και η αρχιτεκτονική του συστήματος VAHAK.



Σχήμα 13: Μοντέλο συστήματος VAHAK [21]



Σχήμα 14 : Αρχιτεκτονική συστήματος VAHAK [21]

3.6.4 Οικονομικοί παράγοντες

Τα drones μεταφοράς εμφανίστηκαν γύρω στο 2014 ως ένας νέος τρόπος αντιμετώπισης των αναγκών δημόσιας υγείας, των θυμάτων φυσικών καταστροφών, καθώς και των περίπου 2 δισεκατομμυρίων ανθρώπων που ζουν σε απομονωμένες κοινότητες παγκοσμίως. Ωστόσο, παρά το τεράστιο δυναμικό δημόσιας υγείας, τα drones δεν έχουν ακόμη υιοθετηθεί ευρέως ως μέσο μεταφοράς φορτίου από νοσοκομεία, κλινικές και άλλα ενδιαφερόμενα μέρη σε δυσπρόσιτες περιοχές σε όλο τον κόσμο. Υπάρχουν πολλοί λόγοι για την έλλειψη υιοθεσίας, αλλά ίσως ο πιο σημαντικός είναι ότι το κόστος απόκτησης και λειτουργίας drones είναι άγνωστο.[23]

Στο The Lancet Global Health, ο Walter Ochieng [24] και οι συνάδελφοί του προσπαθούν να απαντήσουν σε αυτήν την ερώτηση, συγκεκριμένα για τα drones μεταφοράς, συγκρίνοντας το κόστος των drones με εκείνο των μοτοσικλετών που εκτελούν το ίδιο έργο μεταφοράς δειγμάτων εργαστηρίου από απομακρυσμένες κλινικές σε κεντρικούς κόμβους εργαστηρίων στη Λιβερία. Τα ευρήματά τους ήταν διπλά. Πρώτον, το κόστος μεταφοράς ανά δείγμα ήταν χαμηλότερο μέσω μοτοσικλέτας από ό,τι μέσω drones με λειτουργική εμβέλεια 65 km, τόσο στο σενάριο ρουτίνας όσο και στο σενάριο

έκτακτης ανάγκης. Δεύτερον, τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη μεγαλύτερης εμβέλειας (έως 100 km) είχαν καλύτερη γεωγραφική κάλυψη και χαμηλότερο κόστος μεταφοράς δειγμάτων από τα drones μικρότερης εμβέλειας, αρκετά χαμηλά για να ανταγωνιστούν αυτά των μοτοσυκλετών.

Αυτά τα βασικά ευρήματα είναι ενδιαφέροντα, αλλά δεν ισχύουν άμεσα, επειδή δεν ισχύουν σε γενική περίπτωση. Ο λόγος είναι ότι η ποικιλομορφία και η ταχεία εξέλιξη των drones μεταφοράς παρακάμπτει ευρήματα όπως αυτά που βασίζονται στα χαρακτηριστικά ενός συγκεκριμένου drone. Για παράδειγμα, η μελέτη των οικονομικών ενός τύπου χειροκίνητου ποδηλάτου είναι κάπως εφαρμόσιμη σε άλλα χειροκίνητα ποδήλατα, λιγότερο σε ποδήλατα με μπαταρία και ακόμη λιγότερο σε μοτοσυκλέτες. Υπάρχει ένα παρόμοιο ζήτημα εδώ: εάν, για παράδειγμα, εξετάσουμε τα drones που στοχεύουν στον ιατρικό κλάδο, υπάρχει μεγαλύτερη από δεκαπλάσια διαφορά στο κόστος των drone μεταξύ των διαφόρων μεταφορών (τα δεδομένα δεν είναι διαθέσιμα στο κοινό για εμπορικούς λόγους) και αυτή η διαφορά στη τιμή επεκτείνεται πέρα από τα ιατρικά drones σε άλλους τύπους drones. [23]

3.6.5 Εργατικό δυναμικό και εκπαίδευση

Κρίνεται αναγκαία η ύπαρξη εργατικού δυναμικού, κατάλληλα εκπαιδευμένου στον χειρισμό drone, προκειμένου να πραγματοποιούνται αξιόπιστα οι εφαρμογές στον τομέα της υγείας. Η ύπαρξη επαρκούς αριθμού κατάλληλα εκπαιδευμένου προσωπικού είναι μια συνεχής πρόκληση σε πολλές χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος. Ανάλογα με το επιχειρηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των UAVs, η προσθήκη τους στο σύστημα υγείας θα μπορούσε να έχει επιπτώσεις στο εργατικό δυναμικό. Οι επαγγελματίες υγείας μπορεί να χρειαστεί να έχουν κάποιο ρόλο στη φόρτωση ή την εκφόρτωση ενός UAV, στην επιβεβαίωση χρονοδιαγραμμάτων, στην εξασφάλιση τοποθεσίας φόρτωσης, προσγείωσης ή πτώσης, στην τεκμηρίωση παραδόσεων, στην εκτόξευση του UAV ή δίνοντας οδηγίες στο UAV για την επόμενη θέση του. Κάθε μία από αυτές τις ενέργειες θα απαιτούσε εκπαίδευση και χρόνο. Οι εναλλαγές μεταξύ της πραγματοποίησης αυτών των λειτουργιών από επαγγελματίες υγείας ή της πρόσληψης άλλων εργαζομένων για να το κάνουν θα πρέπει να αξιολογούνται από τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων πριν καταλήξουν στο μοντέλο λειτουργίας. Αυτή η διαδικασία απόφασης δεν διαφέρει από τις τυπικές εκτιμήσεις του εργατικού δυναμικού υγείας, αλλά επειδή το επίπεδο εκπαίδευσης και τα απαιτούμενα βήματα διαφέρουν ανάλογα με το σύστημα UAV, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη αυτές οι πληροφορίες κατά το σχεδιασμό ή την επιλογή οποιουδήποτε συστήματος παράδοσης UAV. [25]

3.6.6 Αξιοπιστία

Η εμπιστοσύνη της κοινωνίας στις νέες τεχνολογίες προκαλεί ανησυχία καθώς μπορεί να υπάρξει μια αρχική δυσανεμία στη χρήση UAVs στις περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Ωστόσο, το

“trade-off” μεταξύ της ανησυχίας των πολιτών και των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα UAVs να σώζουν ζωές είναι πολύ μεγάλο για να μην ξετάσει την εφαρμογή τους.[9]

3.7 Προκλήσεις για την ενσωμάτωση των drones στον τομέα της υγείας

Παρά τα πολυάριθμα οφέλη που μπορούν να παρέχουν τα UAVs ως απάντηση σε κρίσεις υγείας όπως η πανδημία του COVID-19, η χρήση της τεχνολογίας των drones περιορίζεται λόγω ορισμένων περιορισμών οι οποίοι αναφέρθηκαν παραπάνω. Η αντιμετώπιση τέτοιων περιορισμών αποτελεί πρόκληση για τους επιστήμονες, τους ερευνητές και τις κυβερνήσεις προκειμένου να επιτύχουν την ενσωμάτωση των UAVs στο σύστημα απόκρισης πολλών χωρών.

Οι προκλήσεις που καλούνται να ξεπεραστούν αφορούν σε διάφορα ζητήματα όπως είναι η έλλειψη καλά ορισμένων κανονισμών από τις κυβερνήσεις. Επίσης, τα ευάλωτα σημεία στις λειτουργίες των drones, όπως το GPS-jamming και το hacking, καθιστούν τα drone μια ελκυστική προοπτική για κακόβουλους χρήστες να διεξάγουν κυβερνοτρομοκρατία και άλλες παράνομες δραστηριότητες[6]. Τα τελευταία χρόνια, πολλές υπηρεσίες επιβολής νόμου έχουν εκφράσει τις ανησυχίες τους σχετικά με τους κινδύνους ασφαλείας που θέτουν τα drone. Παρόλο που έχουν σημειωθεί σημαντικά βήματα στην πρόοδο της τεχνολογίας των drones τα τελευταία χρόνια, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη για τεχνολογικές και επιχειρησιακές κατευθυντήριες γραμμές που να εγγυώνται την ασφαλή λειτουργία των UAVs, και κατά συνέπεια, να αποκομίσουν τα ολοκληρωμένα κοινωνικά οφέλη τους.

Ενώ αρκετές προκλήσεις μαστίζουν την ευρεία χρήση της τεχνολογίας των drones, τα ενδεχόμενα οφέλη που έχει σχετικά με την υποστήριξη της υγειονομικής περίθαλψης δεν μπορούν να αγνοηθούν. Πολλές χώρες δεν έχουν ακόμη υιοθετήσει τη χρήση των UAVs κατά την καταπολέμηση της πανδημίας COVID-19. Για το σκοπό αυτό, οι κυβερνητικές αρχές θα πρέπει να συλλέγουν και να αξιολογούν προσεκτικά δεδομένα σχετικά με τις υπάρχουσες μελέτες που περιλαμβάνουν UAVs και να καταβάλλουν μεγαλύτερη προσπάθεια στην έρευνα και ανάπτυξη.

Κεφάλαιο 4^ο: Σύνοψη και συμπεράσματα ανασκόπησης

4.1 Αξιολόγηση της δυνατότητας ενσωμάτωσης των drones στον τομέα της υγείας

4.1.1 Αναγκαίες προϋποθέσεις για την ενσωμάτωση των drones

Προκειμένου να ενσωματωθεί η τεχνολογία των drones στον τομέα της υγείας καλούνται οι διάφορες προκλήσεις που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη υποενότητα να αντιμετωπισθούν. Οι αναγκαίες προϋποθέσεις για τον σχεδιασμό, την προσομοίωση, την υλοποίηση μιας έξυπνης υγειονομικής περίθαλψης που βασίζεται σε drones περιλαμβάνουν [16]:

- i. κατασκευή, σχεδιασμό και ανάλυση δικτύων drone για υγειονομική περίθαλψη ή άλλες εφαρμογές, λιγότερο εξασκημένες
- ii. απόδοση και εξασφάλιση QoS, με την βελτίωση συσκευών drone που συλλέγουν ιατρικά δεδομένα από αισθητήρες
- iii. δίκτυο και δρομολόγηση χωρίς σύγκρουση drones
- iv. οργάνωση των πτήσεων με drone πολλαπλών επιπέδων, με στρατηγικές ανίχνευσης σύγκρουσης και αντίστασης
- v. ηλιακό σύστημα φόρτισης αεροσκαφών εντός αέρα με βάση, φιλικό προς το περιβάλλον
- vi. δοκιμή του συστήματος που βασίζεται σε drone σε καταστάσεις πανδημίας (για διάφορες λειτουργίες όπως παρακολούθηση, επαγρύπνηση, απολύμανση, φαρμακευτική αγωγή, θερμική απεικόνιση κ.λπ.)
- vii. εφαρμογή τεχνητής νοημοσύνης σε εφαρμογές με drones
- viii. ενσωμάτωση μηχανικής μάθησης σε επίπεδο drone για αυτοδιοικούμενες διαδικασίες αντιμετώπιση ανησυχιών για τη διατήρηση της ιδιωτικής ζωής (συγκεκριμένα κατά την πανδημία, αφορά στον εντοπισμό των μολυσμένων ατόμων και ύποπτων κρουσμάτων σε εθνικό επίπεδο και την μετάδοση δεδομένων με ασφάλεια)
- ix.

Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση της πανδημίας του COVID-19, υπάρχουν ανοιχτές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπισθούν προκειμένου το προτεινόμενο σύστημα και οι μέθοδοι που βασίζονται σε drone, να βελτιωθεί. Οι αναγκαίες λειτουργίες προκειμένου να δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα βασισμένο σε drone για την καταπολέμηση του COVID-19, είναι οι εξής [16]:

- i. **Παράδοση φαρμάκων μεγάλης κλίμακας:** Παρότι προς το παρόν τα φάρμακα για τον COVID-19 βρίσκονται υπό δοκιμή, στο μέλλον, μπορεί να διερευνηθεί η σκοπιμότητα παράδοσης φαρμάκων μεγάλης κλίμακας.
- ii. **Διατήρηση αρχείου πολιτών και σάρωση:** Η ύπαρξη αρχείου πολιτών είναι μια σημαντική παράμετρος που διασφαλίζει ότι κάθε άτομο που ζει σε μια περιοχή σαρώνεται. Παρότι ο σύλλογος κοινωνικής πρόνοιας κατοίκων διατηρεί τα αρχεία κάθε κατοίκου, πολλοί άνθρωποι ζουν και εκτός αστικών περιοχών. Επομένως, είναι σημαντικό να διατηρείται έγκυρο αρχείο που να ταιριάζει με τον σαρωμένο πληθυσμό. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι δεν υπάρχει κάτοικος με συμπτώματα του COVID-19 που δεν είναι καταγεγραμμένος.
- iii. **Υπηρεσίες σάρωσης σε περίπτωση έλλειψης ιατρικής υποδομής:** Σε περιπτώσεις έλλειψης ιατρικών εγκαταστάσεων, ιατρικού προσωπικού ή όταν χρειάζεται να διανθούν μεγάλες αποστάσεις για την παροχή υπηρεσιών, άτομο που δεν ανήκει στο ιατρικό προσωπικό αλλά μπορεί να χειρίζεται drones, διευκολύνει τη σάρωση για COVID-19 ή την παροχή φαρμάκων και μπορεί να βοηθήσει στην επιτάχυνση των διαδικασιών σάρωσης και δοκιμών.
- iv. **Υπηρεσίες θερμικής σάρωσης που βασίζονται σε drone:** Το κανονικό (χειροκίνητο) σύστημα θερμομέτρησης προτιμάται εάν όλες οι ιατρικές εγκαταστάσεις (συμπεριλαμβανομένου του ατομικού εξοπλισμού προστασίας, χειρουργικής ρόμπας, γαντιών, αναπνευστικής προστασίας, προστασίας ματιών, ασπίδας προσώπου κ.λπ.) είναι εγκαίρως διαθέσιμες. Έχει παρατηρηθεί ότι το σύστημα που βασίζεται σε drone προτιμάται σε περίπτωση σπανιότητας ιατρικών εγκαταστάσεων (όπως στα αρχικά στάδια της πανδημίας COVID-19).
- v. **Ανάπτυξη mini-drones για εσωτερικές λειτουργίες:** Τα drones πρόκειται να χρησιμοποιούνται για σάρωση τόσο σε πολυώροφα κτίρια όσο και σε πεζούς. Απαιτούνται επομένως πολλαπλά υπτάμενα mini-drones με διαφορετικά χαρακτηριστικά για την εκτέλεση λειτουργιών σε εσωτερικούς χώρους.
- vi. **Προσβασιμότητα στα εσωτερικά όρια του σπιτιού/νοσοκομείου:** Υπάρχει ανάγκη για drones ικανά να λειτουργούν σε μεγάλες αποστάσεις με λειτουργίες εσωτερικού χώρου. Η προσβασιμότητα για τη λειτουργία τέτοιων drones και η συλλογή δεδομένων χωρίς διακοπή είναι ένα σημαντικό ζήτημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί στο μέλλον.
- vii. **Αποτελεσματική εφαρμογή πλαισίου ασφάλειας:** Υπάρχει ανάγκη να τυποποιηθούν οι πλατφόρμες που θα χρησιμοποιηθούν στις εφαρμογές. Τα πρωτόκολλα ασφάλειας

και η μακροπρόθεσμη ασφαλής αποθήκευση μεγάλων δεδομένων συμπεριλαμβάνεται στις τυποποιήσεις που πρέπει να γίνουν.

- viii. **Συγκριτική ανάλυση συστήματος drone άλλα συστήματα:** Υπάρχει ανάγκη να πραγματοποιηθούν συγκριτικές αναλύσεις, όπως η ανάλυση απόδοσης του προτεινόμενου συστήματος με άλλα πανδημικά και ιατρικά συστήματα, και η συγκριτική ανάλυση ασφάλειας ιατρικών συστημάτων.
- ix. **Ενοποίηση μεγάλης κλίμακας ιατρικής υποδομής:** Υπάρχει ανάγκη να αναπτυχθεί ένα ολοκληρωμένο και ενιαίο ιατρικό σύστημα για γρήγορη παρακολούθηση και συλλογική υποστήριξη που να είναι ικανό να συλλέγει δεδομένα ασθενών από απόσταση και να παρέχει υπηρεσίες σε μεγάλη κλίμακα.

4.1.2 Αξιολόγηση της αναγκαιότητας και του οφέλους

Η χρήση UAVs εξακολουθεί να είναι αρκετά περιορισμένη επί του παρόντος λόγω των κανονισμών και των περιορισμών τους στον τομέα της αεροπορίας που σχετίζονται με την έκδοση αδειών. Η ανασκόπηση της παρούσας εργασίας αναδεικνύει τη συμβολή των drones στον τομέα της υγείας και ιδιαίτερα στην πανδημία που έχει επηρεάσει τον κόσμο. Επιπλέον, μέσω της ανάλυσης των ερευνών που εξετάστηκαν, παρουσιάστηκε το εύρος των δυνατοτήτων των drones που βρίσκονται στο επίπεδο των δοκιμών και με την διαμόρφωση των κατάλληλων προϋποθέσεων (όπως αυτές αναφέρθηκαν) μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά το υπάρχον υγειονομικό σύστημα. Με την εφαρμογή των συστημάτων που παρουσιάστηκαν σε πραγματικές συνθήκες, ενδέχεται να προκληθούν θετικές και αρνητικές επιπτώσεις σε διάφορους τομείς, οι οποίοι εξετάζονται συνοπτικά στη συνέχεια.

i. Κοινωνικοπολιτικό περιβάλλον

Οι πιθανές επιπτώσεις στο κοινωνικοπολιτικό περιβάλλον κατά τη χρήση drones δείχνουν ότι στο μέλλον, η χρήση τους για την καταπολέμηση της εξάπλωσης του ιού θα μπορούσε να οδηγήσει σε νέες αναταραχές. Πράγματι, η ενίσχυση των τεχνολογιών μαζικής επιτήρησης θα μπορούσε να έχει πολλές επιπτώσεις στην πολιτική και κοινωνική δυναμική. Οι επιπτώσεις της παρακολούθησης στο απόρρητο είναι αρκετά γνωστές, αλλά τα UAVs θα μπορούσαν να προσθέσουν μια άλλη διάσταση λόγω της κινητικότητάς τους, της συνεχούς παρουσίας και του πεδίου συλλογής προσωπικών πληροφοριών. Επιπλέον, η εξάπλωση των UAVs θα μπορούσε να προκαλέσει έντονες αντιδράσεις ή να έχει αρνητικό αποτέλεσμα σε δημόσιους χώρους, καθώς οι άνθρωποι ενδέχεται να νιώθουν ότι απειλείται η ιδιοκτηότητά τους. [14]

ii. Αγορά εργασίας

Ακόμη ένας κοινωνικός παράγοντας που αφορά την άνοδο των αυτόνομων οχημάτων στον τομέα της εφοδιαστικής, έχει αυξήσει την αβεβαιότητα σχετικά με τον αντίκτυπο που θα μπορούσε να έχει αυτή η τεχνολογία στο εργατικό δυναμικό. Υπάρχει η άποψη ότι η χρήση αυτόνομων οχημάτων θα βλάψει την αγορά εργασίας επειδή η αυτοματοποίηση της διαδικασίας παράδοσης ισοδυναμεί με την εξάλειψη των εργασιών που εκτελούνται επί του παρόντος από έναν άνθρωπο[14]. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι με την ενσωμάτωση των UAVs θα δημιουργηθεί η ανάγκη για νέες θέσεις εργασίας, διαφορετικής φύσεως (χειριστές, τεχνικοί, συντηρητές κλπ.).

iii. Περιβάλλον

Όσον αφορά το περιβάλλον, η αναζήτηση για πιο φιλικές λύσεις κρίνεται αναγκαία. Τα μέσα που επικεντρώνονται σήμερα στον τομέα των μεταφορών είναι ένας από τους πιο ρυπογόνους τομείς, που προκαλεί υπερθέρμανση του πλανήτη. Σύμφωνα με έρευνες, αντιπροσωπεύει το ένα πέμπτο των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η χρήση drones σε αυτόν τον τομέα μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των εκπομπών, βέβαια, η πραγματική μείωση θα είναι δυνατή μόνο υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Τα τελευταία χρόνια, τα drones έχουν εξελιχθεί πολύ, η τεχνολογία γίνεται όλο και πιο αποτελεσματική και χρησιμοποιήσιμη σε πολλούς τομείς. Παρά αυτήν την εξέλιξη, τα drones εξακολουθούν να χαρακτηρίζονται από τεχνικούς περιορισμούς, όπως το ωφέλιμο φορτίο, η περιορισμένη αυτονομία και οι καιρικές συνθήκες που μπορεί να αποτελέσουν σημαντικό πρόβλημα για τα drones.[14]

iv. Συνθήκες υγειονομικής περίθαλψης

Σε γενικές γραμμές, αυξάνονται οι ενδείξεις ότι τα drones μπορούν να βοηθήσουν τους εργαζόμενους στον τομέα της υγείας να βελτιώσουν την ποιότητα και την αποτελεσματικότητα της εργασίας τους σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Τα UAVs επεκτείνουν την παράδοση σημαντικών φαρμάκων σε αγροτικές κοινωνίες και απομακρυσμένες περιοχές σε ολόκληρο τον κόσμο. Η ανάπτυξη κανόνων για τα UAVs θα μπορούσε να επιτρέψει αυξημένη αποτελεσματικότητα στην υγειονομική περίθαλψη. Ειδικότερα, τα drones παρέχουν μια πιθανή λύση στα προβλήματα που δημιουργεί η παρουσία του COVID-19, στην επιτήρηση, στην απολύμανση, στην παράδοση με drone, στην ανίχνευση θερμοκρασίας με θερμικές κάμερες, κλπ.[14]

Συνοψίζοντας, ο αντίκτυπος της χρήσης drones δεν είναι ακόμη γνωστός ή προβλέψιμος. Αυτή η αβεβαιότητα όμως δεν πρέπει να παρεμποδίζει τη διαδικασία καινοτομίας. Οι πιλοτικές αποστολές πρέπει και μπορούν να σέβονται τις βασικές ανθρωπιστικές αρχές, και οι αποφάσεις για τη συνέχιση τέτοιων ερευνών μπορούν και πρέπει να βασίζονται σε εμπιστοσύνη στις δυνατότητες για ουσιαστικά οφέλη. Οι αξιολογήσεις έχουν δείξει ότι η χρήση των drones στην πανδημία έχει προκαλέσει μεγάλο ενδιαφέρον και έχει επηρεάσει με επιτυχία τις διαδικασίες για τη βελτίωση των υπηρεσιών υγείας των κοινοτήτων. [14]

4.2 Προτάσεις για μελλοντική επέκταση τεχνολογιών στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης

Το μέλλον, όσον αφορά την ενίσχυση του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης, βρίσκεται στον σχηματισμό ενός ενιαίου συστήματος που θα ανταλλάσσει, θα αποθηκεύει και θα αξιοποιεί δεδομένα που προέρχονται από διαφορετικές πηγές. Συνδυάζοντας τις τεχνολογικές καινοτομίες που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί μια ενιαία έξυπνη υγειονομική περίθαλψη, κατ' επέκταση ένα από τα ζωτικά μέρη της τεχνολογίας μιας «έξυπνης πόλης». Οι έξυπνες πόλεις χρησιμοποιούν τεχνολογία IoT για να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα, τη βιωσιμότητα, την οικονομική ανάπτυξη και την ποιότητα ζωής των πολιτών τους. Σύμφωνα με τους ερευνητές του [9], υπάρχουν πολλά παραδείγματα για έξυπνες πόλεις παγκοσμίως, με το Χονγκ Κονγκ, το Τορόντο, τη Νέα Υόρκη, τη Στοκχόλμη και το Λονδίνο να είναι μεταξύ των κορυφαίων έξυπνων πόλεων στον κόσμο. Αυτές οι έξυπνες πόλεις μπορούν να επωφεληθούν από την ενσωμάτωση των συστημάτων και των εφαρμογών που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, βελτιώνοντας τις διαδικασίες πρόληψης, των μεταφορών, της δημόσιας ασφάλειας, της υγειονομικής περίθαλψης και πολλών άλλων τομέων.

Με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης, της ανάλυσης μεγάλων δεδομένων και του cloud computing, το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης έχει βελτιωθεί πολύ για την αντιμετώπιση οποιασδήποτε ασθένειας. Η τεχνολογία της έξυπνης πόλης βελτιώνει την αποδοτικότητα και μειώνει την αναγκαιότητα του νοσοκομείου στην παρακολούθηση των ασθενών κατά τη διάρκεια αυτού του τύπου πανδημίας. Αυτή η τεχνολογία είναι ευεργετική για τη διαχείριση ολόκληρης της πόλης χωρίς να επηρεάζει υπηρεσίες όπως παράδοση τροφίμων και η μεταφορά των απαραίτητων ειδών. Πολλές «έξυπνες» τεχνικές χρησιμοποιούνταν για την αντιμετώπιση πανδημιών στο παρελθόν, όπως EBOLA, NIPAH, η γρίπη των πτηνών. Το έξυπνο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης είναι ευεργετικό για τη διατήρηση των κοινωνικών αποστάσεων, του lockdown, του συστήματος διανομής τροφίμων κ.λπ.[12]

Τα drones μπορούν να έχουν στο μέλλον ενεργό ρόλο σε ένα τέτοιο μοντέλο έξυπνης πόλης, όπως παρουσιάστηκε και στην ενότητα 3.5 *Επέκταση χρήσης drone για ενιαίο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης*. Φυσικά, οι ήδη υπάρχουσες περιπτώσεις αξιοποίησης των drones έχουν μεγάλο περιθώριο βελτίωσης, το οποίο και θα πρέπει να καλυφθεί στα επόμενα χρόνια προκειμένου να περάσουν οι εφαρμογές από το επίπεδο δοκιμών στο επίπεδο πλήρης αξιοποίησης στην καθημερινή ζωή χωρίς επιπλοκές. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι το φάσμα των περιπτώσεων που μπορούν να αξιοποιηθούν drones στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης ακόμη δεν έχει εξετασθεί πλήρως. Συνεχώς νέες ιδέες αξιοποίησης των drone έρχονται στην επιφάνεια και κεντρίζουν το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας. Το χαρακτηριστικό των drones που τους επιτρέπει να έχουν τόσο ευρύ φάσμα εφαρμογών, είναι η δυνατότητά τους να προσαρμόζονται και να τροποποιούνται, ώστε ο μετασχηματισμός τους να τα καθιστά ξεχωριστά εργαλεία που εκτελούν διαφορετικές εργασίες κάθε φορά. Επομένως, άλλος ένας τομέας που μπορεί να απασχολήσει το επιστημονικό προσκήνιο τα επόμενα χρόνια είναι η ανακάλυψη νέων προσαρμογών στον σχεδιασμό των drones και η εισαγωγή νέων δυνατοτήτων για την κάλυψη περισσότερων αναγκών.

Βιβλιογραφία

- [1] A. Bitar, A. Jamal, H. Sultan, N. Alkandari, and M. El-Abd, “Medical drones system for amusement parks,” *Proc. IEEE/ACS Int. Conf. Comput. Syst. Appl. AICCSA*, vol. 2017-Octob, pp. 19–20, 2018.
- [2] S. Kumar and T. Tripathi, “One year update on the COVID-19 pandemic: Where are we now?,” *Acta Trop.*, no. January, 2020.
- [3] M. Angurala, M. Bala, S. S. Bamber, R. Kaur, and P. Singh, “An internet of things assisted drone based approach to reduce rapid spread of COVID-19,” *J. Saf. Sci. Resil.*, vol. 1, no. 1, pp. 31–35, 2020.
- [4] S. Nabi and V. P. Mishra, “Analysis and Impact of COVID-19 on Economy and Organization,” *Proc. 2nd IEEE Int. Conf. Comput. Intell. Knowl. Econ. ICCIKE 2021*, pp. 219–224, 2021.
- [5] R. Vaishya, A. Haleem, A. Vaish, and M. Javaid, “Emerging Technologies to Combat the COVID-19 Pandemic,” *J. Clin. Exp. Hepatol.*, vol. 10, no. 4, pp. 409–411, 2020.
- [6] V. Chamola, V. Hassija, V. Gupta, and M. Guizani, “A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing its Impact,” *IEEE Access*, 2020.
- [7] S. Arora, “IoMT (Internet of Medical Things): Reducing Cost While Improving Patient Care,” pp. 24–27, 2020.
- [8] P. Sanjana and M. Prathilothamai, “Drone Design for First Aid Kit Delivery in Emergency Situation,” *2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2020*, pp. 215–220, 2020.
- [9] C. MacKle *et al.*, “A Data-Driven Simulator for the Strategic Positioning of Aerial Ambulance Drones Reaching Out-of-Hospital Cardiac Arrests: A Genetic Algorithmic Approach,” *IEEE J. Transl. Eng. Heal. Med.*, vol. 8, no. February, 2020.
- [10] X. Li, Z. Zhao, and F. Liu, “Big data assimilation to improve the predictability of COVID-19,” *Geogr. Sustain.*, vol. 1, no. 4, pp. 317–320, 2020.
- [11] A. Ossamah, “Blockchain as a solution to Drone Cybersecurity,” *IEEE World Forum Internet Things, WF-IoT 2020 - Symp. Proc.*, pp. 1–9, 2020.
- [12] R. Jaiswal, A. Agarwal, and R. Negi, “Smart solution for reducing the COVID-19 risk using

- smart city technology,” vol. 2, pp. 82–88, 2020.
- [13] J. C. Rosser, V. Vignesh, B. A. Terwilliger, and B. C. Parker, “Surgical and medical applications of drones: A comprehensive review,” *J. Soc. Laparoendosc. Surg.*, vol. 22, no. 3, 2018.
- [14] J. EUCHI, “Do drones have a realistic place in a pandemic fight for delivering medical supplies in healthcare systems problems?,” *Chinese J. Aeronaut.*, vol. 34, no. 2, pp. 182–190, 2021.
- [15] N. Nithyavathy, S. Pavithra, M. Naveen, B. Logesh, and T. James, “Design and development of drone for healthcare,” *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 2676–2680, 2020.
- [16] A. Kumar, K. Sharma, H. Singh, S. G. Naugriya, S. S. Gill, and R. Buyya, “A drone-based networked system and methods for combating coronavirus disease (COVID-19) pandemic,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 115, pp. 1–19, 2021.
- [17] R. C. Pahonie, R. V. Mihai, and C. Barbu, “Biomechanics of flexible wing drones usable for emergency medical transport operations,” *2015 E-Health Bioeng. Conf. EHB 2015*, no. figure 1, pp. 7–10, 2016.
- [18] A. P. Singh *et al.*, “Application of Air Purifier Drone to Control Air Pollutants in Domestic and Industrial Areas,” pp. 676–679, 2020.
- [19] P. M. Komatowski, M. Feroskhan, W. J. Stewart, and D. Floreano, “A Morphing Cargo Drone for Safe Flight in Proximity of Humans,” *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 5, no. 3, pp. 4233–4240, 2020.
- [20] J. Gu *et al.*, “Dynamic measurement and data calibration for aerial mobile IoT,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 7, no. 6, pp. 5210–5219, 2020.
- [21] R. Gupta, A. Shukla, P. Mehta, P. Bhattacharya, S. Tanwar, and S. Tyagi, “VAHAK: A Blockchain-based Outdoor Delivery Scheme using UAV for Healthcare 4.0 Services,” vol. 4, pp. 255–260.
- [22] S. C. Sethuraman, V. Vijayakumar, and S. Walczak, “Cyber Attacks on Healthcare Devices Using Unmanned Aerial Vehicles,” *J. Med. Syst.*, vol. 44, no. 1, 2020.
- [23] T. Amukele, “The economics of medical drones,” *Lancet Glob. Heal.*, vol. 8, no. 1, p. e22, 2020.
- [24] W. Ochieng *et al.*, “Uncrewed aircraft systems versus motorcycles to deliver laboratory samples in west Africa: a comparative economic study,” *Lancet. Glob. Heal.*, vol. 8, pp. e143–

e151, 2020.

- [25] M. Eichleay, E. Evens, K. Stankevitz, and C. Parker, “Using the Unmanned Aerial Vehicle Delivery Decision Tool to Consider Transporting Medical Supplies via Drone,” *Glob. Heal. Sci. Pract.*, vol. 7, no. 4, pp. 500–506, 2019.