

Διαχείριση Πλήθους σε Έξυπνα Στάδια στο Υπολογιστικό Νέφος

Αναστάσιος Χρυσοχοϊδης
Φοιτητής, mai25067@uom.edu.com

Κωνσταντίνος Ψάννης
Διδάσκων Καθηγητής, kpsannis@uom.edu.gr

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη εξετάζει την υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου συστήματος που βασίζεται στο υπολογιστικό νέφος (cloud computing) προς όφελος της διαχείρισης πλήθους σε "έξυπνα στάδια". Προτείνονται τεχνολογίες αιχμής όπως Μοντέλα Πρόβλεψης, Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) και ασύρματα δίκτυα 5G. Στόχος είναι η αποφυγή συνωστισμού, η πρόληψη βίαιων περιστατικών και η ενίσχυση της ασφάλειας και εμπειρίας των παρευρισκόμενων. Η λύση βασίζεται σε cloud υπηρεσίες SaaS, διαλειτουργικές μέσω αρχιτεκτονικής IoT. Περιλαμβάνονται προτάσεις για SLA (Service Level Agreement) που διασφαλίζουν διαθεσιμότητα, προστασία δεδομένων και τεχνική υποστήριξη. Εξετάζονται μοντέλα ενεργειακής απόδοσης καθώς και μοντέλα της μέγιστης δυνατής ασφάλειας.

Λέξεις κλειδιά : Cloud Computing, Predictive Model, Crowd Management, Smart Stadiums

1. Εισαγωγή

Η διαχείριση πλήθους σε μεγάλα δρώμενα που διεξάγονται σε στάδια, όπως συναυλίες ή αθλητικά γεγονότα, αποτελεί μια μεγάλη ανησυχία σχετικά με την βελτίωση της συνολικής εμπειρίας και της ασφάλειας των παρευρισκόμενων. Φαινόμενα όπως ο συνωστισμός, οι χαοτικές καταστάσεις στις εισόδους ή και κατά τη διάρκεια, καθώς και φαινόμενα βίας, αποτελούν προβλήματα προς αντιμετώπιση από τους διοργανωτές των εκδηλώσεων. Η σημαντικότητα της διαχείρισης πληθών καθίσταται κρίσιμη, καθώς η έλλειψή της έχει οδηγήσει σε τραγικά δυστυχήματα στο παρελθόν. Προς την καλύτερη διαχείριση των πληθών, προτείνεται η υιοθέτηση ενός συστήματος βασισμένο στο υπολογιστικό νέφος, αξιοποιώντας τεχνολογίες αιχμής όπως Μοντέλα Πρόγνωσης Μηχανικής Μάθησης (ML), Αναγνώριση Προσώπων και Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Σκοπός του συστήματος είναι η εξασφάλιση της καλύτερης ροής των παρευρισκόμενων κατά την είσοδο και έξοδο τους από το στάδιο, η αποτροπή φαινομένων βίας καθώς και η βελτίωση των χρόνων απόκρισης των κλιμακίων των Πρώτων βοηθειών προς αντιμετώπιση μιας κρίσιμης κατάστασης υγείας.

Διαχείριση Πλήθους (Crowd Management) : Η διαχείριση πλήθους αναφέρεται στη διαδικασία σχεδιασμού και διαχείρισης μεγάλων ομάδων ανθρώπων σε δημόσιους ή ιδιωτικούς χώρους, όπως συναυλίες, αθλητικά γεγονότα, φεστιβάλ, εμπορικά κέντρα, ή οποιαδήποτε άλλη εκδήλωση που συγκεντρώνει μεγάλο αριθμό ατόμων. Η σωστή διαχείριση πλήθους είναι κρίσιμη για την ασφάλεια και την ομαλή ροή των ανθρώπων.

Μοντέλο Πρόγνωσης (Predictive Model) : Ένα μοντέλο πρόγνωσης είναι ένα μαθηματικό ή στατιστικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη μελλοντικών γεγονότων ή αποτελεσμάτων βασισμένο σε δεδομένα. Τα μοντέλα πρόγνωσης χρησιμοποιούν ιστορικά δεδομένα και διάφορες τεχνικές, όπως στατιστική ανάλυση, μηχανική μάθηση, και τεχνητή νοημοσύνη, για να προβλέψουν τι μπορεί να συμβεί στο μέλλον.

Αναγνώριση Προσώπων (Face Recognition) : Η αναγνώριση προσώπων είναι μια τεχνολογία τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπει την ταυτοποίηση ή επαλήθευση της ταυτότητας ενός ατόμου μέσω της ανάλυσης των χαρακτηριστικών του προσώπου του. Αυτή η τεχνολογία χρησιμοποιεί αλγόριθμους Τεχνητής Νοημοσύνης για να συγκρίνει μια εικόνα του προσώπου ενός ατόμου με μια βάση δεδομένων που περιέχει πρόσωπα, ώστε να βρει μια αντιστοιχία.

Υπολογιστική Νέφος (Cloud Computing) : Το υπολογιστικό νέφος είναι η παροχή υπολογιστικών υπηρεσιών μέσω του διαδικτύου. Αυτές οι υπηρεσίες περιλαμβάνουν αποθήκευση δεδομένων, επεξεργασία, δικτύωση, και άλλα, τα οποία είναι προσβάσιμα από οπουδήποτε και οποτεδήποτε, εφόσον υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο.

Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things): Το IoT είναι η ιδέα της σύνδεσης φυσικών συσκευών και αντικειμένων στο διαδίκτυο, ώστε να μπορούν να συλλέγουν, να ανταλλάσσουν και να επεξεργάζονται δεδομένα. Αυτές οι συσκευές περιλαμβάνουν αισθητήρες, κάμερες, οικιακές συσκευές, αυτοκίνητα, και πολλές άλλες, που ενσωματώνουν τεχνολογίες για να αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον τους.

2. Επισκόπηση

Η διαχείριση πλήθους με τις τεχνολογίες που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν αποτελεί νέα ανάγκη. Έχουν αναπτυχθεί από διάφορες ερευνητικές ομάδες ανά τον κόσμο συστήματα που βοηθούν την επίλυση των ζητημάτων που αναφέρθηκαν. Ωστόσο, κανένα από αυτά δεν αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση για την λειτουργία ενός ενιαίου συστήματος.

Οι M. Qaraqe et al [4] έχουν αναπτύξει το PublicVision, ένα ασφαλές σύστημα παρακολούθησης, που με την χρήση των βίντεο που προέρχονται από κάμερες CCTV, μπορεί μέσω μοντέλου Deep Learning να αξιολογήσει τις συμπεριφορές των πληθών προκειμένου να μπορεί να διακρίνει τα βίαια γεγονότα. Το μοντέλο έχει εκπαιδευτεί από ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων προκειμένου να μπορεί να αξιολογεί την πρόθεση που έχει ένα συγκεντρωμένο πλήθος, και να μπορεί να ενημερώνει σε περίπτωση που εντοπιστεί μοτίβο για έναρξη φαινομένων βίας. Το συγκεκριμένο σύστημα έχει δοκιμαστεί πετυχαίνοντας υψηλές επιδόσεις σε σχέση με παρόμοια συστήματα.

Παραπλήσιο σύστημα ανέπτυξαν και οι Bhat, M. Et al [1], ονομαζόμενο Voice Activated Face Recognition (VAFR), το οποίο συνδυάζει αναγνώριση ήχου και εικόνας, προκειμένου να είναι αποδοτικότερη η αναγνώριση προσώπων. Το σύστημα καταφέρνει να επιτύχει υψηλή ακρίβεια, δυσκολεύεται σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει επαρκής φωτισμός και υπάρχει υψηλή γωνία λήψης.

Οι Oni, O., Timoteus, T., & Longe [6] προτείνουν ένα σύστημα που παρακολουθεί την κατανομή θέσεων προκειμένου να γίνεται ευκολότερη η είσοδος και η ταξίθευση των παρευρισκόμενων στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει κράτηση συγκεκριμένης θέσης. Το σύστημα παρακολουθεί ποιες θέσεις είναι κατειλημμένες σε πραγματικό χρόνο.

Οι Choudhury et al [2], ανέπτυξαν ένα σύστημα παρακολούθησης υγείας κατά την είσοδο του πλήθους στο στάδιο. Χρησιμοποιώντας αισθητήρες μπορούν και μετράνε το ποσοστό οξυγόνου στο αίμα καθώς και των καρδιακών παλμών. Σκοπός του συστήματος είναι να διασφαλίσει την δημόσια υγεία των παρευρισκόμενων, απομονώνοντας άτομα που παρουσιάζουν δείγματα υγειονομικού κινδύνου.

Οι Mahdi, Mustafa & Aljuboori, Abbas & Ali, Mudhafar [5] συζητάνε την σύζευξη των τεχνολογιών του cloud computing και του IoT και πως αυτή μπορεί να επιτευχθεί σε ένα περιβάλλον Smart Stadium. Αναλύουν τον τρόπο λειτουργίας των 2 τεχνολογιών και πως αυτές

μπορούν να λειτουργήσουν μαζί στα πλαίσια των αναγκών ενός σταδίου σχετικά με την ασφάλεια και το τρόπο λειτουργίας του σταδίου.

3. Μεθοδολογία

Σύμφωνα με τις μελέτες που παρατέθηκαν παραπάνω, αντιλαμβανόμαστε πως υπάρχουν λύσεις στα προβλήματα που αντιμετωπίζει ένα στάδιο κατά την διοργάνωση και διεξαγωγή μιας εκδήλωσης. Ωστόσο, πρόκειται για μεμονωμένες λύσεις που σκοπό έχουν την συνδρομή τους στην συνολική ασφάλεια των παρευρισκόμενων στα στάδια, και δεν έχουν υλοποιηθεί σε συνεργασία μεταξύ τους προκειμένου να αποτελέσουν μια ενιαία λύση στις ανάγκες για ασφάλεια σε όλους τους τομείς στα στάδια.

Πρότασή μας είναι η υιοθέτηση των παραπάνω μοντέλων, τα οποία θα διαλειτουργούν μεταξύ τους σε μορφή cloud υπηρεσίας, με κύριο σκοπό την ασφάλεια των παρευρισκόμενων και την βελτίωση της εμπειρίας από την πλευρά του θεατή. Αυτό επιτυγχάνεται με την ασφαλή είσοδο των θεατών στο στάδιο με την αποφυγή συνωστισμών και δημιουργίας μεγάλων καθυστερήσεων, την αποτροπή φαινομένων βίας ειδικά σε αθλητικά δρώμενα όπου υπάρχουν πιο ένθερμα πλήθη.

Για την διαλειτουργικότητα των συστημάτων θα χρειαστεί να αξιοποιηθούν τεχνολογίες όπως Internet of Things, Cloud Computing, AI Predictive models και 5G wireless networks. Όλα τα προαναφερθέντα συστήματα θα έχουν αρχιτεκτονική IoT, όπου θα υπάρχουν αισθητήρες και κάμερες σε συγκεκριμένα σημεία που θα συλλέγουν τα απαραίτητα δεδομένα. Οι αισθητήρες αποστέλλουν τα δεδομένα μέσω ενός ασύρματου 5G δικτύου, σε ένα κεντρικό controller στο κέντρο ελέγχου, ο οποίος με την σειρά του αποστέλλει μαζικά τα δεδομένα που λαμβάνει από τους αισθητήρες στις εφαρμογές PublicVision και VAFR οι οποίες θα λειτουργούν σε cloud servers και θα παρέχονται ως υπηρεσία. Ως υπηρεσία θα παρέχονται και τα μοντέλα πρόβλεψης έτσι ώστε τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις να έρχονται υπολογισμένα στο κέντρο ελέγχου του κάθε σταδίου.

Για την επικοινωνία όλων των υποσυστημάτων προτείνεται η χρήση ασύρματων δικτύων επικοινωνίας, μιας και ο αριθμός των IoT συσκευών είναι μεγάλος και διάχυτος σε όλο το στάδιο, κάτι που καθιστά την ενσύρματη σύνδεση δύσκολη. Επίσης, μιας και το σύστημα είναι βασισμένο στο cloud, η ενσύρματη ζεύξη όλων των σταδίων με τα datacenters όπου θα εκτελούνται οι εφαρμογές και τα μοντέλα πρόβλεψης, αποτελεί και αυτή δύσκολη. Συνεπώς, αν και η χρήση των ασύρματων δικτύων είναι λιγότερο ασφαλής, αποτελεί την πιο ρεαλιστική προσέγγιση.

Παρακάτω αναλύεται με λεπτομέρεια το σκεπτικό της υλοποίησης των ενοποιημένων συστημάτων βασισμένο στο cloud.

3.1 Μοντέλο Παράδοσης Υπηρεσίας Νέφους

Το πιο κατάλληλο μοντέλο παράδοσης υπηρεσίας είναι το **Software as a Service (SaaS)**, καθώς τα προτεινόμενα συστήματα είναι πλήρως λειτουργικά και δοκιμασμένα, και δεν χρειάζεται εκ νέου ανάπτυξη. Επιπλέον, δεν υπάρχει απαίτηση για τοπική εγκατάσταση των συστημάτων, κάτι που θα απαιτούσε προμήθεια και συντήρηση υποδομών πληροφορικής σε κάθε στάδιο που θα υιοθετήσει το σύστημα. Τα συστήματα ως υπηρεσίες, φέρουν και την ευθύνη στον πάροχο σχετικά με τις ενημερώσεις των λογισμικών, την διαθεσιμότητα και άλλες δύσκολες εργασίες, επιτρέποντας το προσωπικό του σταδίου να επικεντρωθεί καθαρά στις κύριες δραστηριότητες. Τέλος, προσφέρεται το πλεονέκτημα του κλιμακωτού κόστους και της ευελιξίας, καθώς η λειτουργία των παραπάνω υπηρεσιών δεν απαιτεί την λειτουργία των συστημάτων καθημερινή βάση μιας και τα μεγάλα δρώμενα είναι προγραμματισμένα καιρό

πριν. Σε κάθε δρώμενο υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις, έτσι δεν χρειάζεται η διαρκής χρήση όλων των υπηρεσιών.

Ένα τέτοιο σύστημα, ακόμα και αν παρέχεται ως υπηρεσία, διατηρεί υψηλό κόστος για να επωμιστεί κάθε στάδιο μεμονωμένα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα περισσότερα δρώμενα σε ένα στάδιο δεν διαδραματίζονται ταυτόχρονα με εκείνα άλλων σταδίων, οδηγώντας σε περιορισμένη χρήση των υπηρεσιών κατά τη διάρκεια των ενδιάμεσων περιόδων. Για αυτούς τους λόγους, το προτεινόμενο μοντέλο ανάπτυξης των υπηρεσιών είναι το **Community Cloud**. Αυτό το μοντέλο επιτρέπει την κοινή χρήση υποδομών και υπηρεσιών μεταξύ των σταδίων που θα το υιοθετήσουν, μοιράζοντας έτσι το κόστος και τις λειτουργικές δαπάνες. Η υιοθέτηση του Community Cloud προάγει τη συνεργασία και την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών μεταξύ των συμμετεχόντων σταδίων. Δεδομένου ότι όλα τα στάδια εξυπηρετούν κοινές ανάγκες και αντιμετωπίζουν παρόμοιες προκλήσεις, μπορούν να επωφεληθούν από την ανατροφοδότηση και τη συνεχή βελτίωση των υπηρεσιών τους, οδηγώντας σε πιο αποδοτική διαχείριση σε μελλοντικές εκδηλώσεις.

3.2 Service Level Agreement

Σκοπός του Service Level Agreement είναι να καθιερώσει μια αμοιβαία κατανόηση μεταξύ του σταδίου-πελάτη και του παρόχου υπηρεσιών, σχετικά με τους όρους του χρόνου λειτουργίας της υπηρεσίας, τα θέματα ασφάλειας, την υποστήριξη, την προστασία δεδομένων και τη λογοδοσία. Ενδεικτικά, παρατίθενται θέματα που θα πρέπει να καθοριστούν με σαφήνεια προκειμένου να υπάρχει διαθεσιμότητα της υπηρεσίας και ακεραιότητα των δεδομένων.

Διαθεσιμότητα Υπηρεσίας : 99,5% uptime μηνιαίως , αναβαθμίσεις και συντηρήσεις συστημάτων έως 2 ημέρες πριν την έναρξη μιας εκδήλωσης, 0,5% του συνολικού χρόνου της εκδήλωσης επιτρεπτή αδυναμία διαθεσιμότητας κατά την διάρκεια της.

Τεχνική Υποστήριξη : Άμεση τεχνική υποστήριξη κατά την διάρκεια των εκδηλώσεων, 8 ωρη καθημερινή υποστήριξη όταν δεν έχει προγραμματιστεί εκδήλωση , 10 λεπτά max recovery time

Προστασία Δεδομένων : Όλα τα δεδομένα που αφορούν την αναγνώριση προσώπων και διασταύρωση τους μέσω ηχητικής αναγνώρισης, θα είναι κρυπτογραφημένα, πλήρης συμμόρφωση με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR)

Disaster Recovery : Τα συστήματα οφείλουν να έχουν επανέλθει εντός 20 λεπτών σε περίπτωση βλάβης

Ασφάλεια : Ο πελάτης πρέπει να ενημερώνεται για τυχόν παραβιάσεις ασφαλείας, end-to-end κρυπτογράφηση δεδομένων, μόνο το εξουσιοδοτημένο για χρήση προσωπικό θα έχει πρόσβαση στα συστήματα και τα αντίγραφα ασφαλείας

Αντίγραφα Ασφαλείας : Η συχνότητα λήψης των αντιγράφων ασφαλείας είναι αποκλειστική ευθύνη του πελάτη, ωστόσο η τήρησή τους σε πολλαπλές τοποθεσίες για λόγους κάλυψης είναι ευθύνη του παρόχου

Ρήτρες : Αδυναμία της τήρησης της Διαθεσιμότητας Υπηρεσίας, θα έχει ως αποτέλεσμα οικονομική αποζημίωση της ετήσιας αμοιβής κατά 5%

3.3 Διαχείριση Ενέργειας

Η αύξηση στη ζήτηση για τις υπηρεσίες cloud, οδηγεί προς την κατανάλωση ψηφιακών πόρων όπως επεξεργαστική ισχύ, χωρητικότητα για αποθήκευση δεδομένων και συνεχή και απαιτητική χρήση των δικτύων, που με την σειρά του απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενεργειακών πόρων. Οι πάροχοι cloud διαχειρίζονται τεράστιες υποδομές που απαιτούν υψηλά επίπεδα ενέργειας για τη λειτουργία και τη ψύξη τους. Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι πλέον πιο επιτακτική από ποτέ, τόσο για τη μείωση του λειτουργικού κόστους όσο και για την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος. Σύγχρονες τεχνολογίες, όπως το **Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS)**, προσφέρουν λύσεις που επιτρέπουν στους παρόχους να βελτιστοποιήσουν τη χρήση ενέργειας, διατηρώντας παράλληλα υψηλά επίπεδα απόδοσης και αξιοπιστίας.

Το Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS) [8], είναι μια τεχνική διαχείρισης ενέργειας που προσαρμόζει δυναμικά την τάση και τη συχνότητα του επεξεργαστή ανάλογα με τις απαιτήσεις φόρτου εργασίας. Ο κύριος στόχος του DVFS είναι να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας και να διαχειριστεί τη θερμοκρασία που παράγεται, βελτιώνοντας έτσι την αποδοτικότητα και τη σταθερότητα του συστήματος. Χάρη σε αυτήν την τεχνική, τα συστήματα μπορούν να λειτουργούν αποδοτικά, προσαρμόζοντας τη χρήση πόρων στις πραγματικές ανάγκες, που στην περίπτωσή μας είναι πάντα κατά τη διάρκεια μια εκδήλωσης, αποφεύγοντας την περιττή κατανάλωση ενέργειας κατά το χρονικό διάστημα που δεν απαιτείται η χρήση των συστημάτων.

Κατά συνέπεια, ο πάροχος που θα επιλεχτεί για να φιλοξενήσει τις υπηρεσίες πρέπει να κάνει την χρήση του DVFS, εξοικονομώντας ενέργεια και πόρους, κάτι το οποίο έχει και επίπτωση και στην κοστολόγηση της παροχής υπηρεσιών. Κάτι τέτοιο, μπορεί και να ενσωματωθεί και στους όρους του SLA μιας και οι υπηρεσίες δεν απαιτούνται να είναι διαθέσιμες συνεχώς.

3.4 Αρχιτεκτονική Μηδενικής Εμπιστοσύνης (Zero Trust)

Η συλλογή όλων των δεδομένων φέρει και την ευθύνη της προστασίας τους, και επειδή η συλλογή βιομετρικών στοιχείων αποτελούν ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα, απαιτείται να εφαρμοστεί ένα αυστηρό μοντέλο. Η αρχιτεκτονική **Zero Trust** έχει αναδειχθεί ως μία από τις πιο αποτελεσματικές προσεγγίσεις για την ενίσχυση της ασφάλειας στο cloud. Βασίζεται στην αρχή ότι κανένας χρήστης ή συσκευή δεν πρέπει να είναι αξιόπιστος εξ ορισμού, ακόμα και αν βρίσκεται εντός του δικτύου.

Η αρχιτεκτονική Zero Trust [3] προβλέπει να έχει ισχυρή μέθοδο αυθεντικοποίησης των χρηστών που χειρίζονται τα δεδομένα, άρα εφαρμόζεται η αυθεντικοποίηση πολλών παραγόντων γνωστή και ως 2Factor Authentication. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι μόνο οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες έχουν πρόσβαση στα δεδομένα που συλλέγονται, εφαρμόζοντας το μοντέλο του Role Based Access Control.

Επιπλέον, τα κανάλια επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται απαιτούνται να είναι ασφαλή κατά την διακίνησή τους και εντός των σταδίων, από τις συσκευές IoT προς τους κεντρικούς controllers και από του controllers προς τις υπηρεσίες cloud. Συνεπώς η κρυπτογράφηση όλων των δεδομένων είναι απαραίτητη τόσο κατά την επικοινωνία, με την αξιοποίηση πρωτοκόλλων κρυπτογράφησης όπως το TLS (Transport Layer Security), όσο και κατά την αποθήκευση, με την αξιοποίηση αλγορίθμων κρυπτογράφησης δεδομένων όπως ο AES-256.

Για την ασφάλεια του δικτύου, η αρχιτεκτονική Zero Trust , προβλέπει τον διαχωρισμό του δικτύου σε επιμέρους μικρότερα δίκτυα , έτσι ώστε κάθε εφαρμογή του ενοποιημένου συστήματος όπως και οι αισθητήρες IoT και οι κάμερες, να επικοινωνεί μόνο με τα απολύτως

απαραίτητα τμήματα του δικτύου. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται και ο περιορισμός της ζημιάς σε περίπτωση παραβίασης.

3.5 Συγκρίσεις

Ακολουθεί πίνακας σύγκρισης των μοντέλων που υπάρχουν στην βιβλιογραφία με το ενοποιημένο σύστημα που προτείνεται, πάνω στις ακόλουθες μετρικές : Technologies used (χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες) , Sec : Security (Ασφάλεια), Sca: Scalability (Επεκτασιμότητα), Acc : Accuracy (Ακρίβεια), La : Latency (Καθυστέρηση) και Co : Complexity (Πολυπλοκότητα) . Οι τιμές H (High), M (Medium) και L (Low) χαρακτηρίζουν τις μετρικές αυτές.

Πίνακας 1: Σύγκριση μοντέλων

Model	Technologies used	Se	Sc	Ac	La	Co
Public Vision	Video Analysis & ML	M	H	H	M	M
VAFR	Voice & Face Recognition & ML	M	H	H	M	M
Seat Allocation	5G, IoT	L	M	M	L	L
Entry System	5G, IoT	L	H	H	L	L
Unified System	Cloud Computing, ML, IoT	M	H	H	L	H

Παρατηρείται ότι το ενοποιημένο σύστημα λαμβάνει τα καλά χαρακτηριστικά κάθε ενός από τα επιμέρους συστήματα ωστόσο αυτό έχει ως κόστος την αύξηση της πολυπλοκότητας του ως ενιαίο σύστημα

4. Συμπεράσματα και μελλοντική εργασία

Η παρούσα πρόταση συνδυάζει τις τεχνολογίες του IoT, του cloud computing, της τεχνητής νοημοσύνης και των δικτύων 5G για τη δημιουργία ενός ενοποιημένου συστήματος διαχείρισης πλήθους, αξιοποιώντας υπάρχοντα επιμέρους συστήματα που αναπτύχθηκαν από ερευνητικές ομάδες. Με αρχιτεκτονική που βασίζεται σε cloud υπηρεσίες, προτείνεται η λειτουργία των επιμέρους υποσυστημάτων με διαλειτουργικό τρόπο, εξασφαλίζοντας την ασφάλεια, την αποδοτικότητα και την ευελιξία του συστήματος. Παράλληλα, μέσω της αρχιτεκτονικής Zero Trust και της ενεργειακής διαχείρισης, διασφαλίζεται η προστασία των προσωπικών δεδομένων και η βιωσιμότητα της λύσης.

Η προτεινόμενη προσέγγιση όχι μόνο απαντά στις τρέχουσες προκλήσεις, αλλά δημιουργεί επίσης τις βάσεις για τη μελλοντική εξέλιξη των έξυπνων σταδίων. Ενσωματώνοντας τις βέλτιστες πρακτικές της τεχνολογίας, τα στάδια μπορούν να προσφέρουν ένα ασφαλέστερο περιβάλλον, συμβάλλοντας στη βελτίωση της συνολικής εμπειρίας των θεατών και στη διευκόλυνση της διοργάνωσης εκδηλώσεων μεγάλου σκέλους. Η συνεργασία των σταδίων μέσω του Community Cloud προωθεί τη βιωσιμότητα και τη συνεχή βελτίωση, ενώ παράλληλα ανοίγει τον δρόμο για περαιτέρω καινοτομίες στον τομέα αυτό.

Η παραπάνω πρόταση αποτελεί μια θεωρητική προσέγγιση στην αντιμετώπιση του προβλήματος και δεν έχει δοκιμαστεί σε πραγματικά δεδομένα. Επομένως, υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης καθώς ενδέχεται να υπάρξουν πρακτικά προβλήματα τα οποία δεν έχουν προβλεφθεί. Ως μελλοντική εργασία μπορεί να είναι η πρακτική ενσωμάτωση των συστημάτων αυτών, η εφαρμογή τους σε μικρό σκέλος για τον έλεγχο της διαλειτουργικότητας καθώς και η δοκιμή τους για εξαγωγή συμπερασμάτων.

Βιβλιογραφία

- [1]. Bhat, M., Paul, S., Sahu, U. K., & Yadav, U. K. (2024). Revolutionizing crowd surveillance through voice-driven face recognition empowering rapid identification: Towards development of sustainable smart cities. *Engineering Research Express*, 6(2), 025219. <https://doi.org/10.1088/2631-8695/ad4ae9>
- [2]. Choudhury, A., Surya Saravanan Mudaliar, Amogh Hatkar, Singh, H., & Washima Tasnin. (2022). Developing an IoT based Mass Crowd Management System Reviewing Existing Methodologies. <https://doi.org/10.1109/iprecon55716.2022.10059484>
- [3]. He, Y., Huang, D., Chen, L., Ni, Y., & Ma, X. (2022). A survey on zero trust architecture: Challenges and future trends. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022(1), 6476274.
- [4]. M. Qaraqe et al., "PublicVision: A Secure Smart Surveillance System for Crowd Behavior Recognition," in *IEEE Access*, vol. 12, pp. 26474-26491, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3366693.
- [5]. Mahdi, Mustafa & Aljuboori, Abbas & Ali, Mudhafar. (2021). Smart Stadium using Cloud Computing and Internet of Things (IoT): Existing and New Models. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*. 10. 111-118. 10.7753/IJCATR1005.1002.
- [6]. Oni, O., Timoteus, T., & Longe, O. (2024, April). Smart Crowd Management and Seat Allocation System. In 5th African conference on Industrial Engineering and Operations Management, South Africa, <https://doi.org/10.46254/AF05.20240141>.
- [7]. R. Raman and A. Singh, "5G and IoT for Smart Stadium Operations for Enhancing Fan Experience and Safety," 2023 International Conference on Advances in Computation, Communication and Information Technology (ICAICCIT), Faridabad, India, 2023, pp. 1128-1132, doi: 10.1109/ICAICCIT60255.2023.10466056
- [8]. Ziyang Z., Yang Z., Huan L., Changyao L., Jie L.. DVFO: Learning-Based DVFS for Energy-Efficient Edge-Cloud Collaborative Inference. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 23, issue 10, 2024, 9042 - 9059.