

**Χαροκοπείο Πανεπιστήμιο
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής**

**Μαυροπουλος Ανδreas (217129)
12ο Εξάμηνο**

01/06/2022

**Εργασία εφαρμογών τηλεματικής στις μεταφορές και
στην υγεία**

Machine Learning in Smart Cities

Περιχόμενα

Τίτλος Εργασίας	<u>1</u>
Περιεχόμενα.....	<u>2</u>
Machine Learning in Smart Cities.....	<u>3</u>
Fundamentals of Smart Cities.....	<u>5</u>
Smart City Components.....	<u>7</u>
Intelligent transportation system.....	<u>8</u>
Cyber-security.....	<u>9</u>
Smart Grids.....	<u>10</u>
Applications of Big Data in Smart Cities.....	<u>12</u>
Technology in Smart Cities and Challenges.....	<u>14</u>
Smart City Design.....	<u>15</u>
Enabling Cognitive Smart Cities using Machine Learning.....	<u>17</u>
Smart city ecosystems.....	<u>19</u>
Συμπέρασμα.....	<u>21</u>
Future of Smart Cities.....	<u>22</u>
Αναφορές.....	<u>24</u>

Machine Learning in Smart Cities

Οι έξυπνες πόλεις στοχεύουν στην αποτελεσματική διαχείριση της αυξανόμενης αστικοποίησης, της κατανάλωσης ενέργειας, και της διατήρησης ενός πράσινου περιβάλλον έτσι ώστε να βελτιώσουν το οικονομικό και βιοτικό επίπεδο των πολιτών τους και να αυξήσουν τις ικανότητες των πολιτών για την αποτελεσματική χρήση και υιοθέτηση της σύγχρονης τεχνολογίας. Στις έξυπνες πόλεις η έννοια του information and communication technology (ICT) διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στο σχεδιασμό , στην λήψη αποφάσεων και στην δημιουργία εφαρμογών για τους τελικούς χρήστες. Παρακάτω θα διερευνήσουμε τον ρόλο της τεχνητής νοημοσύνης κυρίως των deep reinforcement learning (DRL) στην εξέλιξη των έξυπνων πόλεων. Οι προηγούμενες τεχνικές χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά για τον σχεδιασμό της βέλτιστης λύσης για διάφορα σύνθετα προβλήματα έξυπνων πόλεων. Επιπλέον θα δούμε πιο αναλυτικά την χρήση της τεχνητής νοημοσύνης σε intelligent transportation systems (ITSs) , cyber-security, energy-efficient utilization of smart grids (Sgs) την αποτελεσματική χρήση των unmanned aerial vehicles (UAVs) ,) και την τέλος την έξυπνη υγειονομική περίθαλψη σε μια έξυπνη πόλη.

Μια έξυπνη πόλη έχει διάφορες περιπτώσεις χρήσης για τεχνολογία που βασίζεται σε AI και IoT, από τη διατήρηση ενός πιο υγιεινού περιβάλλοντος έως την προώθηση των δημόσιων μεταφορών και της ασφάλειας. Αξιοποιώντας αλγόριθμους τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης, μαζί με το IoT, μια πόλη μπορεί να σχεδιάσει καλύτερες λύσεις έξυπνης κυκλοφορίας διασφαλίζοντας ότι οι κάτοικοι μεταβαίνουν από το ένα σημείο στο άλλο όσο το δυνατόν πιο ασφαλή και αποτελεσματικά. Η Μηχανική Μάθηση συλλέγει

δεδομένα από πολλά σημεία και τα μεταφέρει όλα σε έναν κεντρικό διακομιστή για περαιτέρω εφαρμογή και μόλις συλλεχθούν δεδομένα, πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να γίνει μια πόλη πιο έξυπνη. Η μηχανική μάθηση γενικά λαμβάνει τα δεδομένα που δημιουργούνται από πολλές εφαρμογές, όπως εφαρμογές υγείας, αυτοκίνητα με δυνατότητα σύνδεσης στο Διαδίκτυο κ.λπ. Στην συνέχεια αυτά τα δεδομένα τα αξιοποιεί για τον εντοπισμό μοτίβων για να μάθει πώς να βελτιστοποιεί το σύνολο των υπηρεσιών. Τα εργαλεία του είναι σε θέση να εξατομικεύσουν την εμπειρία της έξυπνης πόλης συγκεντρώνοντας πληροφορίες σχετικά με τους πιο χρησιμοποιούμενους δρόμους σε μια πόλη και στη συνέχεια να τις εφαρμόσει σε ένα σύστημα μεταφορών. Από την άλλη πλευρά, η μηχανική μάθηση και η τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να βοηθήσουν στη συλλογή απορριμμάτων και στη σωστή διαχείριση και απόρριψή τους, η οποία είναι μια ζωτικής σημασίας δραστηριότητα σε μια πόλη. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει την ικανότητα να κατανοεί πώς χρησιμοποιούνται οι πόλεις και πώς λειτουργούν. Με αυτούς τους τρόπους ένα AI-powered computer vision system, θα μπορούσε να επιτρέψει στους υπολογιστές να εντοπίσουν εκατομμύρια στοιχεία της αστικής ζωής σε μια χορωδία, συμπεριλαμβανομένων ανθρώπων, δημοσίων υπαλλήλων, αυτοκινήτων, ατυχημάτων, πυρκαγιών, καταστροφών, σκουπιδιών και πολλά περισσότερα. Το σύστημα επιτρέπει όχι μόνο την αυτόνομη παρακολούθηση αλλά και τη λήψη αποφάσεων με βάση την απόδοση καθενός από αυτά τα στοιχεία. Παρολο που η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση μεταμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο οι πόλεις λειτουργούν, προσφέρουν και διατηρούν δημόσιες ανέσεις, δεν είναι χωρίς μειονεκτήματα. Υπάρχει δηλαδή η ανάγκη να εξεταστούν οι εκ των υστέρων λύσεις και πρωτοβουλίες που παίρνει το σύστημα.

Fundamentals of Smart Cities

Η έννοια των έξυπνων πόλεων γίνεται ολλο και πιο δημοφιλής μέρα με τη μέρα. Πολλές χώρες έχουν αρχίσει να υιοθετούν την ιδέα της έξυπνης πόλης για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής επιτυγχάνοντας το συνιστώμενο επίπεδο βιώσιμης ανάπτυξης. Η έξυπνη πόλη είναι μια τεχνολογικά προηγμένη περιοχή που θα μπορούσε να κατανοήσει τον κόσμο αναλύοντας τα δεδομένα για τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης. Η υποκείμενη τεχνολογική υποδομή των έξυπνων πόλεων είναι το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN), το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), το RFID και το 6G μεταξύ άλλων. Μαζί με την τεχνολογία, ο ρόλος της μηχανικής μάθησης και της ανάλυσης δεδομένων δεν μπορεί να αγνοηθεί. Οι έξυπνες πόλεις παράγουν τεράστιο όγκο δεδομένων από τον εξοπλισμό παρακολούθησης και τους αισθητήρες. Η ανάλυση των Big data είναι μια από τις σημαντικές τεχνολογίες που μπορεί να βελτιώσει τις ευφυείς αστικές εγκαταστάσεις. Στις έξυπνες πόλεις λαμβάνεται συνεχώς μεγάλος όγκος δεδομένων από πολλούς αισθητήρες, αυτόνομα μηχανήματα ή έξυπνες συσκευές IoT. Η ακριβής πρόβλεψη εξαρτάται από τις προσεγγίσεις της ανάλυσης δεδομένων και των τεχνικών μηχανικής μάθησης.

Υπήρξε μια μεγάλη επανάσταση στην τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών λόγω της προόδου του σχεδιασμού υλικού και λογισμικού τα τελευταία χρόνια. Αυτή η επανάσταση παρέχει μια μεγάλη ευκαιρία για την επίλυση διαφόρων ζητημάτων που σχετίζονται με την αστικοποίηση. Ωστόσο, η έξυπνη πόλη είναι μια έννοια και εξακολουθεί να μην υπάρχει σαφής και συνεπής ορισμός της έννοιας μεταξύ των ακαδημαϊκών και των επαγγελματιών. Σε έναν απλοϊκό ορισμό «Μια έξυπνη πόλη είναι μια βιώσιμη,

καινοτόμος πόλη που χρησιμοποιεί τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών και άλλα μέσα για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής». Η αποτελεσματικότητα των αστικών λειτουργιών και υπηρεσιών και η ανταγωνιστικότητα στις έξυπνες πόλεις διασφαλίζουν ότι ανταποκρίνονται στις ανάγκες των σημερινών και των μελλοντικών γενεών σε σχέση με την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική όψη.

Η ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού είναι μια μεγάλη πρόκληση για τον σημερινό κόσμο. Ο πληθυσμός έχει αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες και το ίδιο και η προσδοκία για το βιοτικό επίπεδο. Προβλέπεται ότι περίπου το 70% του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζουν σε αστικές περιοχές έως το έτος 2050. Επί του παρόντος, οι πόλεις καταναλώνουν το 75% των παγκόσμιων πόρων και ενέργειας, γεγονός που οδηγεί στην παραγωγή του 80% των αερίων του θερμοκηπίου. Έτσι, τις επόμενες δεκαετίες μπορεί να υπάρξουν σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Αυτό καθιστά την έννοια των έξυπνων πόλεων αναγκαιότητα. Η δημιουργία έξυπνων πόλεων είναι μια φυσική στρατηγική για τον μετριασμό των προβλημάτων που προκύπτουν από την ταχεία αστικοποίηση και την αύξηση του αστικού πληθυσμού. Οι έξυπνες πόλεις, παρά το κόστος σχεδιασμού που συνδέονται, αφού εφαρμοστούν, μπορούν να μειώσουν το λειτουργικό κόστος μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας, την κατανάλωση νερού, τις εκπομπές άνθρακα, τις απαιτήσεις μεταφοράς και τα απόβλητα. Ωστόσο, η έννοια των έξυπνων πόλεων σε όλο τον κόσμο είναι ελαφρώς διαφορετική ως προς τα χαρακτηριστικά, τις απαιτήσεις και τα στοιχεία τους.

Smart City Components

Τα στοιχεία μιας έξυπνης πόλης περιλαμβάνουν τα ακόλουθα: έξυπνες υποδομές, έξυπνα κτίρια, έξυπνες μεταφορές, έξυπνη ενέργεια, έξυπνη υγειονομική περίθαλψη, έξυπνη τεχνολογία, έξυπνη διακυβέρνηση, έξυπνη εκπαίδευση και έξυπνοι πολίτες. Μεταξύ άλλων, η έξυπνη υγειονομική περίθαλψη είναι μια απαιτητική απαίτηση για κάθε χώρα.

Οι διαφορετικές έξυπνες πόλεις έχουν διαφορετικά επίπεδα στοιχείων, ανάλογα με την εστίασή τους.

Η Οικονομία, το περιβάλλον, η διακυβέρνηση και η ίδια η κοινωνία είναι τα τέσσερα βασικά θέματα για την έξυπνη πόλη. Εδώ, το θέμα της κοινωνίας σε μια έξυπνη πόλη σημαίνει ότι η πόλη είναι για τους πολίτες της. Το θέμα της οικονομίας της έξυπνης πόλης υποδηλώνει ότι η πόλη μπορεί να αναπτυχθεί με συνεχή ανάπτυξη θέσεων εργασίας καθώς και οικονομική ανάπτυξη, ενώ το θέμα του περιβάλλοντος δείχνει ότι η πόλη πρέπει να είναι σε θέση να διατηρήσει τις διαφορετικές λειτουργίες της για τις σημερινές και τις μελλοντικές γενιές της.

Η υποδομή των Intelligent transportation system (ITS) είναι στην πραγματικότητα η πιο σημαντική όψη μιας έξυπνης πόλης καθώς η φυσική υποδομή της περιλαμβάνει σιδηροδρομικές γραμμές, κτίρια, δρόμους, τροφοδοτικό, σύστημα ύδρευσης κ.λπ. Μερικά παραδείγματα υποδομής υπηρεσιών είναι τα έξυπνα δίκτυα και το σύστημα μαζικής ταχείας μεταφοράς.

Intelligent transportation system

Τα Intelligent transportation system (ITS) είναι μια κοινή εφαρμογή προηγμένων αισθητήρων και συστημάτων ελέγχου, που παράγουν big data και έχουν αποτελεσματικά επηρεάσει το μέλλον και την έννοια των έξυπνων πόλεων. Οι τεχνικές AI, ML και συγκεκριμένα οι τεχνικές DRL (Deep Reinforcement Learning) διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο για την ακριβή παρακολούθηση και εκτίμηση των δεδομένων ροής κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο σε ένα αστικό περιβάλλον. Τα ITS αναμένεται να αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του πολεοδομικού σχεδιασμού και των μελλοντικών έξυπνων πόλεων, συμβάλλοντας στη βελτίωση της οδικής και κυκλοφορίας, της αποδοτικότητας των μεταφορών και των συγκοινωνιών, καθώς και στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Από την άλλη πλευρά, το ITS θέτει μια ποικιλία προκλήσεων λόγω της επεκτασιμότητας και των διαφορετικών αναγκών ποιότητας υπηρεσιών, καθώς και των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που θα δημιουργήσει.

Η χρήση Intelligent transportation system επιτρέπει αποφάσεις που βασίζονται σε πολυεπίπεδα δεδομένα και όχι σε εικασίες και ενστικτώδη συναισθήματα. Έτσι εξουσιοδοτεί των σχεδιασμό μακροπρόθεσμων έργων όπως η απόφαση να προστεθεί μια επιπλέον λωρίδα σε έναν αυτοκινητόδρομο, η αφαίρεση ή η προσθήκη στάθμευσης κατά μήκος ενός δρόμου ή και το κλείσιμο ενός δρόμου κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων ωρών.

Η υποστήριξη πιο έξυπνων αποφάσεων έχει αποδειχθεί επανειλημμένα ότι εξοικονομεί χρήματα και έχει καλύτερη απόδοση επένδυσης για οποιοδήποτε δημοτικό ή συγκοινωνιακό έργο.

Cyber-security

Μια έξυπνη πόλη υποτίθεται ότι αποτελείται από ασφαλή και αξιόπιστα διασυνδεδεμένους αισθητήρες για συλλογή επεξεργασία και μεταφορά δεδομένων σε μια αξιόπιστη και ασφαλή ψηφιακή υπηρεσία. Αυτή η διασύνδεση διαφόρων συσκευών έχει ανοίξει ζητήματα ασφάλειας στον κυβερνοχώρο που πρέπει να λυθούν. Τα περισσότερα από τα δεδομένα παράγονται από συσκευές IoT που βασίζονται στο Cloud που διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο σε διαφορετικές εφαρμογές έξυπνων πόλεων. Μερικές από τις ζωτικές προκλήσεις που συζητήθηκαν είναι η διασφάλιση του απορρήτου και της ασφάλειας των δεδομένων, η προστασία των δικτύων από οποιαδήποτε πιθανή επίθεση στον κυβερνοχώρο, η ενθάρρυνση της ώριμης και υπεύθυνης κουλτούρας ανταλλαγής δεδομένων και η βολική χρήση τεχνικών AI, ML και DRL.

Από τη μία, οι έξυπνες πόλεις έχουν επιφέρει διάφορες αλλαγές, με στόχο να φέρουν επανάσταση στη ζωή των ανθρώπων. Από την άλλη πλευρά, ενώ οι έξυπνες πόλεις προσφέρουν καλύτερες εμπειρίες ζωής και μεγάλη ευκολία στη ζωή των ανθρώπων, υπάρχουν περισσότεροι κρυφοί κίνδυνοι για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, συμπεριλαμβανομένης της διαρροής πληροφοριών και των κακόβουλων επιθέσεων στον κυβερνοχώρο. Η τρέχουσα ανάπτυξη της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο δεν μπορεί να συμβαδίσει με την πρόθυμη υιοθέτηση των παγκόσμιων τεχνολογιών έξυπνων πόλεων, επομένως ο σωστός σχεδιασμός που βασίζεται σε μεθόδους βαθιάς μάθησης είναι απαραίτητος για την προστασία του έξυπνου κυβερνοχώρου πόλεων.

Σε μια έξυπνη πόλη, η ευάλωτη δράση ενός ατόμου ή ενός οργανισμού μπορεί να θέσει ολόκληρη την πόλη σε κίνδυνο. Λόγω

της εξάρτησης διαφόρων στοιχείων των έξυπνων πόλεων στην τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών, οι προκλήσεις στον κυβερνοχώρο (όπως η διαρροή πληροφοριών και οι κακόβουλες επιθέσεις στον κυβερνοχώρο) σε αυτόν τον τομέα επηρεάζουν τη συμπεριφορά των έξυπνων πόλεων. Επομένως, προκειμένου να ανταποκριθεί στην ενθουσιώδη αποδοχή των παγκόσμιων τεχνολογιών έξυπνων πόλεων, η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο πρέπει να αναπτυχθεί προς την ίδια κατεύθυνση.

Smart Grids

Ο όρος smart Grid (SG) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ενοποίηση των τεχνολογιών πληροφοριών και ψηφιακών επικοινωνιών με συστήματα ηλεκτρικού δικτύου. Αυτό επιτρέπει την αμφίδρομη επικοινωνία και τη ροή ισχύος που μπορούν να ενισχύσουν την ασφάλεια, την αξιοπιστία και την απόδοση του συστήματος ισχύος.

Στις έξυπνες πόλεις, τα μεγάλα δεδομένα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην επανάσταση και στην λειτουργική δομή των Smart Grids(SG). Τα SGs βασίζονται σε σύγχρονα συστήματα πληροφοριών και επικοινωνιών, σε συσκευές IoT και στα big Data. Στα SG, τα ετερογενή δεδομένα προέρχονται από διαφορετικές πηγές που μπορούν να αναλυθούν αποτελεσματικά και να χρησιμοποιηθούν για έξυπνες αποφάσεις . Στις έξυπνες πόλεις, η ανάλυση μεγάλων δεδομένων έχει τη δύναμη να βελτιώσει την ασφάλεια των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, τη λήψη αποφάσεων για την κατανομή ενέργειας, τη διαχείριση και την απόδοση των δικτύων ενέργειας. Ωστόσο, η πρόσφατη τάση δείχνει ότι τα SG

χρησιμοποιούν αποτελεσματικά μεγάλα δεδομένα για διάφορες εφαρμογές όπως load assessment and prediction, baseline estimation, demand response, load clustering, and malicious data deception attacks. Η συνδεσιμότητα βρίσκεται στον πυρήνα αυτής της σύγχρονης υποδομής δικτύου, η οποία παρέχεται από το Internet of Things (IoT). Ωστόσο, η συνεχής συνδεσιμότητα και επικοινωνία εισάγει έναν τεράστιο όγκο δεδομένων που απαιτεί τεχνικές πολύ ανώτερες από τις συμβατικές μεθόδους για τη σωστή ανάλυση και λήψη αποφάσεων.

Λόγω της πολύπλοκης φύσης της τεχνολογίας έξυπνου δικτύου, υπάρχουν πολλαπλές ευκαιρίες για τους εισβολείς να διαταράξουν το σύστημα. Επομένως, απαιτείται μια ολοκληρωμένη αμυντική στρατηγική για την κάλυψη όλων των ειδών απειλών και τρωτών σημείων που μπορεί να αντιμετωπίσει ένα έξυπνο δίκτυο.

Οι τεχνικές μηχανικής μάθησης έχουν αποδειχθεί ότι είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την πρόληψη μιας επίθεσης άρνησης υπηρεσίας. Η μηχανική εκμάθηση μπορεί να ανιχνεύει επιθέσεις, να κάνει προληπτικές ενέργειες για την αντιμετώπιση γνωστών προβλημάτων και να ειδοποιεί τους διαχειριστές ασφαλείας. Η μετάβαση του ηλεκτρικού τομέα προς τα έξυπνα δίκτυα απαιτεί τη συνεχή ανάπτυξη τεχνικών μηχανικής μάθησης, καθώς η εφαρμογή τους μπορεί να ενσωματώσει αρμονικά όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται. Αυτό παρέχει στη συνέχεια αξιοπιστία στα έξυπνα ηλεκτρικά συστήματα καθώς και εγγύηση ποιότητας, απόδοσης και συνέχειας. Καθώς προχωράμε μπροστά σε έναν κόσμο όπου οι καταστροφές υποδομών όπως αυτές που παρατηρήθηκαν στο Τέξας γίνονται ο κανόνας, οι ηγέτες και οι κυβερνήσεις μας πρέπει να προφυλαχθούν από αυτήν την ευθραυστότητα με μια πιο προσεκτική προσέγγιση σε όλο και πιο ευέλικτα και βιώσιμα έξυπνότερα ενεργειακά δίκτυα.

Applications of Big Data in Smart Cities

Τα Big data Analytics μπορούν να συλλέξουν , να αναλύσουν καθώς και να εξορύξουν δεδομένα σχετικά με έργα έξυπνων πόλεων με έναν πολύ εύχρηστο τρόπο έτσι ώστε να δημιουργήσουν χρήσιμες πληροφορίες για τη βελτίωση διαφόρων εγκαταστάσεων των έξυπνων πόλεων. Τα Big data θα επιτρέψουν στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να προετοιμαστούν για οποιαδήποτε ανάπτυξη υποδομών, εγκαταστάσεων και χώρων της έξυπνης πόλης. Οι έξυπνες πόλεις και οι εφαρμογές μεγάλων δεδομένων θα μπορούσαν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες: αποσυνδεδεμένες εφαρμογές μεγάλων δεδομένων και συνδεδεμένες εφαρμογές μεγάλων δεδομένων. Οι συνδεδεμένες εφαρμογές μεγάλων δεδομένων είναι χαρακτηριστικές, καθώς εξαρτώνται από την άμεση ανατροφοδότηση και τη γρήγορη αξιολόγηση για να λάβουν μια απόφαση ή παρέμβαση μέσα σε ένα σύντομο και πολύ ακριβές χρονικό πλαίσιο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν μια σύσταση δεν μπορεί να επιτευχθεί εντός του χρονικού πλαισίου, δεν θα έχει νόημα. Αυτό είναι κρίσιμο ώστε όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται για αυτήν την αξιολόγηση να διατίθενται άμεσα και επίσης να διεξάγεται η μελέτη με ολοκληρωμένο και έγκαιρο τρόπο. Κατά συνέπεια, οι εφαρμογές μεγάλων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο θέλουν συνήθως πρόσθετες προδιαγραφές. Μετά το σχεδιασμό ευρειών εφαρμογών έξυπνων πόλεων που βασίζονται σε δεδομένα, είναι σημαντικό να εξηγήσουμε μια σειρά κριτηρίων που προκύπτουν από τη μοναδικότητα των απαιτήσεων της έξυπνης πόλης και των χαρακτηριστικών μεγάλων δεδομένων. Τα κριτήρια καθορίζονται μαζί με τη βάση της φύσης των εφαρμογών μεγάλων δεδομένων και την πολυπλοκότητα της ανάπτυξης τέτοιων

εφαρμογών για την έξυπνη πόλη. Πολλές από αυτές τις προϋποθέσεις είναι τεχνικές, ενώ άλλες συνδέονται με τις γνώσεις του κατοίκου.

Η έξυπνη πόλη παρέχει μια ευκαιρία για τη σύνδεση ανθρώπων και χώρων που χρησιμοποιούν αναδυόμενες τεχνολογίες που συμβάλλουν στη βελτίωση του αστικού σχεδιασμού. Οι έξυπνες πόλεις ενσωματώνουν τεχνολογίες για να βελτιώσουν τις δημόσιες υποδομές και την εμπειρία διαβίωσης των ανθρώπων. Οι δημοτικές αρχές χρησιμοποιούν κάμερες IoT, υποδομές και λογισμικό για τη συλλογή σχετικών πληροφοριών, όπως η συμφόρηση, η κατανάλωση ενέργειας και η ατμοσφαιρική ρύπανση. Αυτές οι πληροφορίες θα μπορούσαν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν μέσω Machine Learning μοντέλων για τη βελτίωση της κοινοτικής υποδομής, καλύπτοντας υπηρεσίες, μεταφορές και δημόσια ασφάλεια.

Οι αναδυόμενες τεχνολογίες επικοινωνίας διαδραματίζουν βασικό ρόλο στις έξυπνες πόλεις παρέχοντας πληροφορίες που συλλέγονται στις τεχνολογίες του Διαδικτύου. Το IoT λειτουργεί μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ έξυπνων συσκευών κατά την αποστολή και λήψη πληροφοριών που χρειάζονται διαδίκτυο, ουσιαστικά, οι έξυπνες πόλεις χρησιμοποιούν gadget IoT για τη συλλογή και αποθήκευση πληροφοριών αποτελεσματικά. Οι αισθητήρες έξυπνης πόλης και οι έξυπνες συσκευές λαμβάνουν πληροφορίες από διάφορα σημεία πρόσβασης έξυπνων πόλεων που έχουν διαμορφωθεί σε μια περιοχή και στη συνέχεια τις εξετάζουν για τη μεγάλη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η Εξασφάλιση προστασίας των κατοίκων έχει γίνει πρωταρχικό μέλημα για κάθε κοινότητα, επομένως είναι ζωτικής σημασίας σε κάθε είδους κατάσταση. Προκειμένου να αποφευχθούν μελλοντικά ζητήματα εντός της περιοχής, η στατιστική μοντελοποίηση μπορεί να βοηθήσει στην

ανάλυση ιστορικών και γεωγραφικών πληροφοριών για να προσδιορίσει πότε και όπου είναι πιθανό να συμβούν περιστατικά. Η σημαντική επιτυχία θα μπορούσε να φανεί καθώς οι απαιτούμενες πληροφορίες μεταμορφώνουν την πόλη σε ένα πιο ασφαλές μέρος.

Technology in Smart Cities and Challenges

Η συνδεσιμότητα είναι βασική τεχνολογία για τις έξυπνες πόλεις. Οι τοπικές κυβερνήσεις μετατρέπουν συγκεκριμένες πόλεις σε πόλεις με τεχνητή νοημοσύνη και αισθητήρες που συγκλίνουν φυσικούς και εικονικούς κόσμους μέσω ενός μεγάλου δικτύου συνδεδεμένων εφαρμογών και συσκευών που συνδέονται μέσω διαδικτύου.

Προκειμένου να λυθούν τα αστικά προβλήματα, οι πόλεις μπορούν από τώρα να επωφεληθούν λειτουργίες της έξυπνης πόλης σε πραγματικό χρόνο, όπως έλεγχος κυκλοφορίας, δημόσια μέσα μεταφοράς, κάμερες παρακολούθησης, συστήματα αισθητήρων παρακολούθηση ποιότητας αέρα κ.λπ.

Η στρατηγική του έργου έξυπνων πόλεων είναι η δημιουργία μιας συνδεδεμένης υποδομής που μπορεί να παράγει δεδομένα για τη διαχείριση των ροών κυκλοφορίας με ετερογενείς φυσικές συσκευές. Επιπλέον, οι πρόσφατες τάσεις στην επανάσταση της ευφυούς κινητικότητας έχουν δείξει ένα ολοένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για την αυτόνομη τεχνολογία με τις μεγαλύτερες επενδυτικές ευκαιρίες να βρίσκονται σε αυτό το πεδίο.

Οι αισθητήρες είναι το δομικό στοιχείο για τη λήψη των δεδομένων σε έξυπνες πόλεις. Οι αισθητήρες συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με την κινητικότητα, την κατανάλωση ενέργειας, την ατμοσφαιρική ρύπανση, πολιτιστικές πληροφορίες, τουριστικές πληροφορίες και

πολλά άλλα. Η βασική υποδομή των έξυπνων πόλεων είναι ένα δίκτυο αισθητήρων, καμερών, ασύρματων συσκευών και κέντρων δεδομένων, που επιτρέπει στις δημοτικές αρχές να παρέχουν βασικές υπηρεσίες πιο γρήγορα και αποτελεσματικά. Αισθητήρες που θα επικοινωνούν συνεχώς με τους ανθρώπους για τη διαχείριση των δημόσιων υπηρεσιών σε πραγματικό χρόνο για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Οι έξυπνες πόλεις χρησιμοποιούν επίσης βιώσιμα δομικά υλικά και μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας, κάτι που είναι πολύ πιο εύκολο για το περιβάλλον. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι το κόστος των αισθητήρων, η κατανάλωση ενέργειας, η ανθεκτικότητα, η προσαρμοστικότητα, η ικανότητα αυτομάθησης, η ανάπτυξη, η εμπειρία χρήστη, η γνώση και η δυνατότητα συντήρησης διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο για την επιτυχία της έξυπνης πόλης.

Smart City Design

Υπάρχουν πολλές σύνθετες και ποικίλες προκλήσεις για την οικοδόμηση έξυπνων πόλεων, όπως το κόστος, η αποτελεσματικότητα, η βιωσιμότητα, η επικοινωνία, και η ασφάλεια είναι λίγες που μπορούμε να αναφέρουμε. Διαφορετικοί παράγοντες, όπως το φυσικό περιβάλλον, η κυβερνητική πολιτική, οι κοινωνικοί πολιτισμοί και η οικονομία, ελέγχουν αυτές τις προκλήσεις σχεδιασμού. Ο σημαντικός παράγοντας για τον σχεδιασμό οποιασδήποτε έξυπνης πόλης είναι το κόστος που περιλαμβάνει το κόστος σχεδιασμού και λειτουργίας. Το κόστος σχεδιασμού για έξυπνες πόλεις είναι εφάπαξ κόστος, ωστόσο, το κόστος λειτουργίας είναι επαναλαμβανόμενο. Για να κατασταθεί δυνατή μια έξυπνη

αστική υλοποίηση, το κόστος σχεδιασμού πρέπει να είναι μικρό. Το μικρό κόστος θα διευκολύνει επίσης τη βιωσιμότητα των πόλεων, με ελάχιστη επιβάρυνση για την πόλη. Η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και του λειτουργικού κόστους είναι μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις στις έξυπνες πόλεις. Το λειτουργικό κόστος και η βιωσιμότητα μπορούν να μειωθούν με την αύξηση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας. Η μείωση της ρύπανσης και των αστικών απορριμμάτων είναι απαραίτητη για τη βελτίωση της βιωσιμότητας και της αποτελεσματικότητας και τη μείωση του λειτουργικού κόστους. Οι έξυπνες πόλεις πρέπει επίσης να αντιμετωπίσουν την αύξηση του πληθυσμού για να εξασφαλίσουν μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και μειωμένο λειτουργικό κόστος. Ο αυξανόμενος πληθυσμός μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα των έξυπνων πόλεων. Εκτός από την αποτελεσματικότητα, οι πόλεις πρέπει να είναι ανθεκτικές και σε φυσικές καταστροφές. Οι έξυπνες πόλεις θα πρέπει να είναι σε θέση να ανακάμψουν γρήγορα από την καταστροφή και τις αποτυχίες. Τέλος, η ασφάλεια των δεδομένων και η υποκείμενη υποδομή είναι μεταξύ των μεγάλων προκλήσεων. Η δημόσια ασφάλεια είναι, πάνω απ' όλα, μια σημαντική πρόκληση σχεδιασμού για τις έξυπνες πόλεις, καθώς η υγεία του κοινού είναι ζωτικής σημασίας.

Enabling Cognitive Smart Cities using Machine Learning

Η ανάπτυξη έξυπνων πόλεων και η γρήγορη ανάπτυξή τους έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων με πρωτοφανείς ρυθμούς. Δυστυχώς, τα περισσότερα από τα δεδομένα που παράγονται σπαταλιούνται χωρίς να εξάγονται δυνητικά χρήσιμες πληροφορίες και γνώσεις λόγω της έλλειψης καθιερωμένων μηχανισμών και προτύπων που επωφελούνται από τη διαθεσιμότητα τέτοιων δεδομένων. Επιπλέον, η εξαιρετικά δυναμική φύση των έξυπνων πόλεων απαιτεί μια νέα γενιά προσεγγίσεων μηχανικής μάθησης που είναι πιο ευέλικτες και προσαρμόσιμες για να αντιμετωπίσουν τη δυναμικότητα των δεδομένων για την εκτέλεση αναλύσεων και τη μάθηση από δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.

Υποστηρίζουμε ότι το semi supervised machine learning είναι απαραίτητο για τις έξυπνες πόλεις για να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα τους. Αλλά προτείνουμε επίσης ένα πλαίσιο μάθησης τριών επιπέδων για έξυπνες πόλεις που ταιριάζει με την ιεραρχική φύση των μεγάλων δεδομένων που παράγονται από τις έξυπνες πόλεις με στόχο την παροχή διαφορετικών επιπέδων γνώσης. Το προτεινόμενο πλαίσιο είναι επεκτάσιμο για να καλύψει τις ανάγκες των υπηρεσιών έξυπνης πόλης. Ουσιαστικά, το πλαίσιο επωφελείται από ημι-εποπτευόμενη μάθηση βαθιάς ενίσχυσης όπου υπάρχει μικρός όγκος δεδομένων που έχει τα σχόλια των χρηστών ως δεδομένα με ετικέτα (labeled data) ενώ ένα μεγαλύτερο ποσό χωρίς τα σχόλια αυτών των χρηστών χρησιμεύει ως δεδομένα χωρίς ετικέτα (unlabeled data). Ετσι το ίδιο το framework χρησιμοποιεί έναν συνδυασμό δεδομένων με ετικέτα και χωρίς ετικέτα για να

συγκλίνει προς καλύτερες πολιτικές ελέγχου αντί να σπαταλά τα δεδομένα χωρίς ετικέτα.

Οι έξυπνες πόλεις παρέχουν υπηρεσίες που επωφελούνται από την ανάπτυξη αισθητήρων, ενεργοποιητών και έξυπνων αντικειμένων σε κλίμακα πόλης. Τέτοιες υπηρεσίες οδηγούνται κυρίως από δεδομένα και μπορούν να ταξινομηθούν ευρέως ως μη παραγωγοί δεδομένων, καταναλωτές δεδομένων ή συνδυασμός και των δύο.

Τα αυτοκίνητα για παράδειγμα μπορούν να παράξουν δεδομένα για χρήση από άλλα στοιχεία έξυπνης πόλης. Δηλαδή, τα αυτοκίνητα χρησιμοποιούν επικοινωνίες συσκευής με συσκευή (D2D) για να ειδοποιούν τα κοντινά οχήματα και τους πεζούς για την παρουσία τους και τους πιθανούς κινδύνους στην κυκλοφορία.

Σε μια ανάπτυξη έξυπνων υπηρεσιών σε κλίμακα πόλης, τα δεδομένα παράγονται με υψηλούς ρυθμούς, γεγονός που παρουσιάζει νέες προκλήσεις για τους σχεδιαστές και τους προγραμματιστές έξυπνων πόλεων. Πέρα από τις προκλήσεις για τη διαχείριση των big data που αντιπροσωπεύονται από όγκο, ποικιλία και ταχύτητα υπάρχουν και άλλες προκλήσεις από τις προοπτικές της ανάλυσης και της μηχανικής μάθησης. Δυστυχώς, μόνο ένα μικρό κλάσμα των μαζικών δεδομένων έξυπνων πόλεων χρησιμοποιείται συνήθως από έξυπνες υπηρεσίες για τη βελτίωση της ζωής των κατοίκων μιας πόλης. Ο κύριος ένοχος είναι η έλλειψη μεγάλου όγκου δεδομένων με ετικέτα. Αυτό απαιτεί την ανάγκη χρήσης αλγορίθμων μηχανικής μάθησης που εκμεταλλεύονται τη διαθεσιμότητα δεδομένων χωρίς ετικέτα και ετικέτα στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων.

Παρά τις πρόσφατες εξελίξεις στις τεχνολογίες υπολογιστών και αποθήκευσης, οι περισσότερες από τις αναλυτικές προσεγγίσεις δεδομένων εκμεταλλεύονται μεθόδους δειγματοληψίας που είναι αποτελεσματικές ως προς τη χρονική πολυπλοκότητα, αλλά

παραμελούν μεγάλο μέρος των δεδομένων που μπορεί να περιέχουν σημαντικά μοτίβα που δεν αντιπροσωπεύονται από τα δείγματα. Από την άλλη πλευρά, μέσω της χρήσης των βαθιών νευρωνικών δικτύων (DNN), τα σύνολα δεδομένων με εκατομμύρια παραμέτρους μπορούν να θεωρηθούν ότι εξάγουν διορατικές αναλύσεις.

Smart city ecosystems

Τον τελευταίο καιρό έχουν γίνει πολλές συζητήσεις για τη διακυβέρνηση, τη διαχείριση και την αποθήκευση των μεγάλων δεδομένων των έξυπνων πόλεων, αλλά δεν υπάρχει σαφής απάντηση σχετικά με τον τρόπο χρήσης των τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων που συλλέγονται. Πρέπει να ενσωματωθεί άμεσα σε δραστηριότητες ανάλυσης και μηχανικής μάθησης; Ή πρέπει να γίνει δειγματοληψία; Αν και σε πολλές περιπτώσεις η δειγματοληψία προσεγγίζει τη λύση, για υπηρεσίες έξυπνων πόλεων όπου η προτίμηση των πολιτών παίζει ρόλο δέν θα έπρεπε η μεμονωμένες δραστηριότητες να επηρεάζουν ολόκληρη την κοινότητα. Για αυτούς τους λόγους λοιπόν τα οικοσυστήματα έξυπνων πόλεων έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά σε σχέση με την μηχανική μάθηση. Πρώτον οι άνθρωποι πρέπει να αλληλεπιδρούν με τα συστήματα για να παρέχουν τα σχόλιά τους. Πολλοί αισθητήρες και έξυπνες συσκευές παράγουν δεδομένα με υψηλό ρυθμό. Δεν μπορούν να αναθεωρηθούν όλα τα δεδομένα από τους ανθρώπους για αιτιολόγηση, αλλά το σύστημα θα πρέπει να μάθει και να βελτιωθεί από προηγούμενες εμπειρίες. Δεύτερων χρειάζονται έναν γενικό, δυναμικό και συνεχή μηχανισμό

μάθησης, καθώς το πλαίσιο μιας εφαρμογής έξυπνης πόλης δεν είναι πάντα σταθερό και το περιβάλλον λειτουργίας των εφαρμογών έξυπνης πόλης εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου.

Και τέλος τα δεδομένα που παράγονται από εφαρμογές έξυπνων πόλεων είναι θορυβώδη ή έχουν κάποιο βαθμό αβεβαιότητας έτσι λοιπόν η ενοποίηση των reinforcement learning (RL) μοντέλων και semi-supervised learning μοντέλων μπορεί να αντιμετωπίσει αυτά τα ζητήματα και να προσφέρει ολοκληρωμένες προσαρμοστικές λύσεις. Η ανάγκη για προσεγγίσεις βαθιάς μάθησης πηγάζει από την ανάγκη εξαγωγής αφαιρέσεων υψηλού επιπέδου από τα ακατέργαστα δεδομένα. Κάθε επίπεδο ενός DNN δημιουργεί μια αφηρημένη αναπαράσταση των δεδομένων εισόδου του. Για να αποκτήσετε περισσότερα επίπεδα αφαίρεσης, χρειάζονται περισσότερα κρυφά στρώματα νευρώνων.

Το reinforcement learning (RL) έχει μελετηθεί αρκετά καλά για συστήματα ελέγχου και συστήματα που πρέπει να εκτελούν αυτόνομες ενέργειες. Στην semi-supervised μάθηση δεν υπάρχει έξοδος δηλαδή κάποιο είδος classification για τα δεδομένα εκπαίδευσης, όπως συμβαίνει για πολλές εφαρμογές έξυπνων πόλεων. Αντίθετα, η επιλογή των σωστών ενεργειών ανταμείβεται. Ο στόχος ενός συστήματος RL είναι να βρει μια ενέργεια για κάθε κατάσταση του συστήματος έτσι ώστε η συνολική ανταμοιβή του εκπαιδευτικού παράγοντα να μεγιστοποιείται μακροπρόθεσμα. Από την άλλη πλευρά, είναι ανέφικτο ή εξαιρετικά κουραστικό για τους χρήστες να παρέχουν σχόλια ανταμοιβής για όλα τα δεδομένα εκπαίδευσης. Αυτό όμως το θέμα μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω της χρήσης semi-supervised learning μοντέλων όπου τα ίδια τα δεδομένα βρίσκονται μόνο μερικώς με ετικέτες. Οι προσεγγίσεις των Semi-supervised μοντέλων μηχανικής μάθησης είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για την αντιμετώπιση της σπανιότητας των

σχολιασμένων δεδομένων σε ροές μεγάλων δεδομένων. Επιπλέον, οι προσεγγίσεις deep reinforcement learning (DRL), έδειξαν επίσης πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα σε συστήματα όπου απαιτείται ανάδραση ανταμοιβής από το περιβάλλον για τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος αντί για ετικέτα κλάσης, όπως στην περίπτωση των μεθόδων μάθησης με επίβλεψη. Ο συνδυασμός αυτών των τεχνικών μπορεί βοηθούν το ένα το άλλο στην εξαγωγή μεγαλύτερης αξίας δεδομένων

Συμπέρασμα

Υπάρχουν πολλοί αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μάθηση από τα μεγάλα δεδομένα που συλλέγονται μέσω της υποδομής μιας έξυπνης πόλης. Ωστόσο, οι περισσότερες παραδοσιακές τεχνικές μηχανικής μάθησης προϋποθέτουν ένα σταθερό μοντέλο εκπαίδευσης και ένα στατικό πλαίσιο. Αυτές οι υποθέσεις δεν ισχύουν για εφαρμογές έξυπνων πόλεων όπου το περιβάλλον και κατά συνέπεια τα δεδομένα εκπαίδευσης εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου. Εως τώρα είδαμε λοιπόν της προκλήσεις και ευκαιρίες που προκύπτουν κατά τη χρήση machine learning μοντέλων σε έξυπνες πόλεις. Αυτές οι προκλήσεις περιλαμβάνουν την ανακύκλωση δεδομένων, την αποτελεσματική δειγματοληψία και την επινόηση scalable μοντέλων μηχανικής μάθησης. Εξετάσαμε σύγχρονες μεθόδους και προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν τα μεγάλα δεδομένα της έξυπνης πόλης για να φτιάξουν τις μελλοντικές γνωστικές έξυπνες πόλεις. Τέλος, παρουσιάσαμε τις πρόσφατες ερευνητικές προκλήσεις προσανατολισμένες στις έξυπνες πόλεις και τις μελλοντικές τάσεις

της έρευνας όπου οι προηγούμενες τεχνικές μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο. Η μετατροπή οποιασδήποτε πόλης σε έξυπνη πόλη απαιτεί την ενεργή ανάπτυξη τεχνολογιών IoT. Γιαυτό η διαθεσιμότητα έξυπνων μηχανών μέσω της Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και της Μηχανικής Μάθησης (ML) ήταν ζωτικής σημασίας για την κλιμάκωση της έννοιας των έξυπνων πόλεων.

Future of Smart Cities

Η συμβατική αναλυτική προσέγγιση για το IoT είναι η αποστολή ακατέργαστων δεδομένων στο cloud για επεξεργασία. Ωστόσο, αυτό το σχήμα δεν είναι αποτελεσματικό και επεκτάσιμο για την ανάπτυξη έξυπνων πόλεων. Η αποκέντρωση των υπολογισμών ανάλυσης δεδομένων είναι μια νέα τάση που στοχεύει να φέρει τα αναλυτικά στοιχεία πιο κοντά fog. Για παράδειγμα, σε μια εφαρμογή τοπικής προσαρμογής που βασίζεται σε RF (π.χ. WiFi), οι τιμές RSSI για την ίδια ώρα και θέση σε συσκευές Android και iOS είναι διαφορετικές. Το εκπαιδευμένο μοντέλο εντοπισμού σε μία πλατφόρμα μπορεί να μεταφερθεί στη νέα πλατφόρμα χωρίς να χρειάζεται να συλλέγονται τιμές RSSI για άλλες συσκευές. Το Transfer learning είναι ένα πεδίο έρευνας που μπορεί να βοηθήσει σε τέτοια σενάρια.

Η ενσωμάτωση των semantic τεχνολογιών απαιτεί επίσης μεγάλη ανάγκη για ανάπτυξη εφαρμογών έξυπνων πόλεων. Η ανάγκη πηγάζει από την αλληλεπίδραση των συστημάτων με πολίτες και τη χρήση των κοινωνικών δεδομένα πολυμέσων.

Τα έξυπνα virtual objects μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε υπηρεσίες έξυπνων πόλεων με αλγόριθμους DRL, λαμβάνοντας

υπόψη ότι κάθε φυσικό αντικείμενο έχει μια εικονική αναπαράσταση στην έξυπνη πόλη και τα ίδια τα virtual objects μπορούν να μάθουν, να αποφασίσουν και να ενεργήσουν αυτόνομα. Η αλληλεπίδραση με τους ανθρώπους με φυσικό τρόπο είναι μια κρίσιμη ανάγκη για τη νέα γενιά συστημάτων έξυπνων πόλεων, καθώς οι πολίτες είναι οι κύριοι παίκτες στις έξυπνες πόλεις.

Το μικρό μέγεθος των κινητών συσκευών και των φορητών συσκευών στις μέρες μας δεν επιτρέπει χώρο για οθόνες αφής ή πληκτρολόγια. Αντίθετα, η αυτόματη αναγνώριση ομιλίας και η κατανόηση φυσικής γλώσσας αποτελούν τον πιο βολικό τρόπο αλληλεπίδρασης με αυτές τις συσκευές.

Αναφορές:

1. Applications of Artificial Intelligence and Machine Learning in smart Cities(Zaib Ullah, Fadi Al-Turjman, Leonardo Mostarda, Roberto Gagliardi)
2. Smart Cities: A Data Analytics Perspective (Mohammad Ayoub Khan, Fahad Algarni, Mohammad Tabrez Quasim)
3. Enabling Cognitive Smart Cities Using Big Data and Machine Learning (Mehdi Mohammadi , Ala Al-Fuqaha)
4. Machine Learning based system for managin energy efficiency of public sector as an approach towards smart cities (Marijana Zekic Susac, Sasa Mitrovic, Adela Has)
5. Machine Learning in Wireless Sensor Networks for Smart Cities (Himanshu Sharma , Ahteshamul Haque,Frede Blaabjerg)
6. Towards smart cities powered by nanogenerators: Bibliometric and machine learning–based analysis (Avinash Alagumalai,Omid Mahian, Mortaza Aghbashlo, Meisam Tabatabaei, Somchai Wongwises, Zhong Lin Wang)