Κοινή Διαχείριση Πόρων σε Επίπεδο Δήμων και Πόλεων με Νέες Τεχνολογίες - Smart City

***Ψηφιακή Καινοτομία και Συστήματα Μεταφοράς Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας - Κωνσταντίνος Φούσκας***

[Δομή ομάδας και ρόλοι 3](#_3ck2as9dk21i)

[**Περίληψη 3**](#_o3e26866wd23)

[**Εισαγωγή 4**](#_w4c4bjwdweyi)

[**Πρόβλημα και πλαίσιο χρήσης 4**](#_fxpc1enor01j)

[Το Πρόβλημα 5](#_miowrn7nitck)

[Περιβάλλον, Ενδιαφερόμενοι και Απαιτήσεις 5](#_71lmx3m7m11b)

[Ορισμός χρηστών στόχου 5](#_y1jhh07504jz)

[Χαρτογράφηση ενδιαφερομένων και των στόχων τους 5](#_q7mlmrnhov6s)

[Συλλογή απαιτήσεων: λειτουργικές και μη λειτουργικές 5](#_ikx2flj5i7wt)

[Καταγραφή περιορισμών 6](#_lbsr30v0dm5i)

[**Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης & Διαδικασιών 6**](#_m6x0lp3927ep)

[Τρέχουσα κατάσταση 6](#_6c77t1knoknv)

[BPMN Τρέχουσας Κατάστασης (AS-IS) 6](#_whpz9xdfi3ob)

[Αναγνώριση σημείων τριβής 6](#_wuct9vbdzx0r)

[SWOT/Root-Cause Analysis 6](#_awrtmikp100d)

[**Σχεδίαση στόχου - προτεινόμενης λύσης 6**](#_3z5wai7fcehf)

[Ορισμός στόχων SMART 6](#_4gl3km1wg0ou)

[Καθορισμός KPI/μετρικών 7](#_52s74vlm5guh)

[Κριτήρια Αποδοχής 7](#_iqd55scm5a2m)

[**Η λύση μας: Smart City - Integrated Management System (IMS) 7**](#_ildc7ux7muk1)

[**Τεχνολογίες Υποστήριξης Συνεργασίας 8**](#_f6yzx2frq1q2)

[Cloud Computing 8](#_vofn25tg21tt)

[Internet of Things (IoT) 10](#_kumyonjqyuuz)

[Big Data και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI) 11](#_fdkw4fyvlhjx)

[APIs και Blockchain 11](#_vex5l0eiw8op)

[Αρχιτεκτονική & Τεχνικές Προδιαγραφές 13](#_2snr8jw2gc2p)

[Components Εφαρμογής 13](#_yq5vrxeykbcj)

[1. Επίπεδο IoT και Αισθητήρων 13](#_inwmdgr5gemp)

[2. 3rd party APIs 13](#_uaryb0qcfxyf)

[3. Επίπεδο Επικοινωνίας και Μεταφοράς Δεδομένων 13](#_yha4e5m8815b)

[4. Pipeline Δεδομένων και Υποδομή Βάσεων 14](#_yww9j64wlkhu)

[5. Backend Υπηρεσίες 14](#_j4ivq3ed30ax)

[6. Επίπεδο Ανάλυσης, Big Data και AI 15](#_w7jmf4e0hx10)

[7. Frontend Επίπεδο 16](#_il6hp2dpizw7)

[8. Blockchain Επίπεδο 16](#_psq9lmoqixgu)

[9. Υποδομή Cloud 17](#_nbyvkmvrdowj)

[Αρχιτεκτονικό διάγραμμα 19](#_3uidl1607nrc)

[Πίνακας προδιαγραφών 20](#_w114244hp3ai)

[Data schema 21](#_fbrsxp4qbibh)

[Πολιτική ασφαλείας και SLA 23](#_yc27p6e38751)

[Ασφάλεια Συστήματος 23](#_m4ndptk6wsql)

[Ασφάλεια Δεδομένων 23](#_seqdx0lvsrg5)

[Service Level Agreement (SLA) 24](#_6ycuwvkhwues)

[**UX Σχεδίαση & Mockups 24**](#_8ptq55ohsyrg)

[User journeys 25](#_gbciz2pzbo2k)

[Wireframes & mockups 25](#_n9qe44677z9d)

[Αρχές προσβασιμότητας (WCAG 2.1 AA) και mobile-first σχεδίαση 25](#_gs40ajsmjp7i)

[**Δοκιμές, Αξιολόγηση και Διαχείριση Κινδύνων 26**](#_symjfhhz3y0m)

[Έλεγχοι 26](#_f43yii191x8u)

[Δοκιμές & Αποδοχή 27](#_g1zoh7x67we6)

[Σχεδιασμός Πιλοτικού 27](#_o9bjsau9p88s)

[Κίνδυνοι 27](#_w4ptgg86hx7e)

[Οφέλη 27](#_k5qugmz9zf10)

[**Ενδεικτική Υλοποίηση - Proof of Concept 27**](#_q9mwn1b2jp8r)

[Github Link 27](#_2rbb86650zdp)

[Youtube Demo 27](#_gqooya6ry7qw)

[Step By Step Implementation - Παράδειγμα 27](#_ugam3y7qa5wg)

[1. Προσομοίωση IoT Εισόδου 28](#_4z0y4oubdqkk)

[2. Διαμεσολάβηση Ροών - Apache Kafka 28](#_pvhtg0z7v2l9)

[3. Επεξεργασία Δεδομένων - PySpark 28](#_un5m9zppr69n)

[4. Αποθήκευση - Azure Database for PostgreSQL 28](#_wwuikmszmxyo)

[5. Επιχειρησιακή Λογική - Spring Boot Backend 29](#_nbi4zcdl2iwr)

[6. Διεπαφή Χρήστη - Angular + Nginx 29](#_7at1buvwcuq6)

[7. Καταγραφή Ακεραιότητας - Blockchain Layer 29](#_opif73mnch8i)

[8. Παρακολούθηση και Διαχείριση - Azure Monitor & Application Insights 29](#_x0qlzbbthym4)

[9. Caching και Βελτιστοποίηση Απόδοσης 30](#_8avim67pces6)

[10. Ανάπτυξη σε Azure Περιβάλλον 30](#_nty8kp3jinjl)

[**Συμπεράσματα 30**](#_sow1gfbhby8e)

# Δομή ομάδας και ρόλοι

*Η ομάδα εργάστηκε με Agile μεθοδολογία, αξιοποιώντας το Jira για την οργάνωση εργασιών, την παρακολούθηση προόδου και τη συνεχή αναθεώρηση στόχων. Κάθε μέλος ανέλαβε διακριτούς ρόλους, από ανάλυση και έρευνα έως σχεδίαση και ανάπτυξη πρωτοτύπου, με εβδομαδιαία συντονιστικά meetings και ευέλικτη προσαρμογή στις τεχνικές και λειτουργικές απαιτήσεις του έργου, καθώς αυτές εξελίσσονταν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης.*

*Τα μέλη της ομάδας είναι τα εξής:*

* *Άγγελος Φίκιας - iis23006 [Project Manager, Prototype Developer]*
* *Ιωάννης Τσιρκινίδης - iis23172 [Tech Research Lead]*
* *Αλέξανδρος Λαζαρίδης - iis23177 [Analyst, Design Lead]*
* *Βάιος Παλιούρας - iis23188 [Analyst, Prototype Developer]*



# Περίληψη

Η παρούσα εργασία εξετάζει την έννοια της κοινής διαχείρισης πόρων μεταξύ δήμων στο πλαίσιο των έξυπνων πόλεων (Smart Cities) και προτείνει ένα ολοκληρωμένο τεχνολογικό σύστημα που ενισχύει τη συνεργασία, τη διαφάνεια και την αποδοτικότητα στη χρήση δημοτικών πόρων, όπως οχήματα, σταθμοί φόρτισης, εργαλεία και αποθήκες.

Η μεθοδολογική προσέγγιση της εργασίας ακολουθεί επτά διακριτά βήματα, από την κατανόηση του προβλήματος έως τη δοκιμή και υλοποίηση της λύσης. Αρχικά, γίνεται ανάλυση των αναγκών, των χρηστών και των περιορισμών (Βήμα 1) και χαρτογράφηση της υφιστάμενης κατάστασης (Βήμα 2). Στη συνέχεια, ορίζεται η επιθυμητή μελλοντική εικόνα (“to-be”) με σαφείς μετρικές επιτυχίας και δείκτες απόδοσης (KPIs) (Βήμα 3).

Ακολουθεί ο σχεδιασμός της τεχνικής αρχιτεκτονικής του συστήματος (Βήμα 4), που βασίζεται σε IoT, Cloud, Big Data, AI και Blockchain τεχνολογίες, καθώς και η σχεδίαση της εμπειρίας χρήστη (UX) και των mockups για το περιβάλλον αλληλεπίδρασης (Βήμα 5). Τέλος, περιγράφονται οι διαδικασίες δοκιμών, αποδοχής, πιλοτικής εφαρμογής και διαχείρισης κινδύνων (Βήμα 6), με στόχο την επιβεβαίωση της λειτουργικότητας, της ασφάλειας και της βιωσιμότητας της προτεινόμενης λύσης η οποία στη συνέχεια υλοποιείται (βήμα 7).

# Εισαγωγή

Η κοινή διαχείριση πόρων μεταξύ δήμων αφορά τον συντονισμό και τη βέλτιστη αξιοποίηση υποδομών, εφαρμογών, δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού από διαφορετικούς φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης. Στόχος είναι η αποδοτικότερη χρήση φυσικών και ψηφιακών πόρων, όπως οχημάτων/στόλων, σταθμών φόρτισης, εργαλείων και αποθηκών και άλλων λειτουργιών.

Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη μείωση αδράνειας, τη βελτίωση της διαθεσιμότητας και την ελαχιστοποίηση του χρόνου κράτησης-διάθεσης πόρων, μέσω της αξιοποίησης σύγχρονων τεχνολογιών και πολυ-μισθωτών (multi-tenant) αρχιτεκτονικών.

Επιπλέον, ο σχεδιασμός τέτοιων συστημάτων απαιτεί έλεγχο πρόσβασης, μηχανισμούς ακεραιότητας δεδομένων και μετρικές αξιολόγησης, όπως ο βαθμός αξιοποίησης των πόρων και η αποδοτικότητα στη διαχείρισή τους. Η κοινή πλατφόρμα διαλειτουργεί με τα πληροφοριακά συστήματα της κυβέρνησης, επιτρέποντας συνεργατική λήψη αποφάσεων, διαφάνεια και ενίσχυση της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης.

# Πρόβλημα και πλαίσιο χρήσης

[1] Στόχος: Πλήρης κατανόηση αναγκών, χρηστών και περιβάλλοντος εφαρμογής.

## Το Πρόβλημα

Οι δήμοι συχνά προβαίνουν σε ανεξάρτητες επενδύσεις σε παρόμοιες υποδομές, εφαρμογές και συστήματα χωρίς κοινό στρατηγικό σχεδιασμό. Αυτή η κατακερματισμένη προσέγγιση οδηγεί σε επικαλύψεις έργων και διπλές δαπάνες.

Η έλλειψη κοινών προτύπων και διαλειτουργικότητας δημιουργεί πληροφοριακά «silos», τα οποία δυσχεραίνουν την ανταλλαγή δεδομένων και τη συνεργασία μεταξύ φορέων. Ως αποτέλεσμα, οι αποφάσεις λαμβάνονται με ανεπαρκή πληροφόρηση και όχι σε πραγματικό χρόνο.

Οι περιορισμένες τεχνολογικές υποδομές, η ελλιπής τεχνογνωσία και τα παλαιά συστήματα επιβραδύνουν την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών, αυξάνουν τον χρόνο υλοποίησης έργων και δημιουργούν πρόσθετα λειτουργικά προβλήματα.

Συνολικά, τα παραπάνω προκαλούν υψηλό λειτουργικό κόστος, μειωμένη αξιοποίηση πόρων και απώλεια αποδοτικότητας στη διαχείριση δημόσιων υπηρεσιών. Επιπτώσεις εμφανίζονται στη διαθεσιμότητα υποδομών, στην ταχύτητα εξυπηρέτησης των πολιτών και στην οικονομική βιωσιμότητα των δήμων.

Για την τεκμηρίωση του προβλήματος είναι κρίσιμη η μέτρηση δεικτών όπως ο βαθμός αξιοποίησης πόρων, ο χρόνος κράτησης-διάθεσης, ο δείκτης αδράνειας και η διαθεσιμότητα, ώστε να αποτυπωθεί αντικειμενικά το μέγεθος του ζητήματος.

## Περιβάλλον, Ενδιαφερόμενοι και Απαιτήσεις

### Ορισμός χρηστών στόχου

(π.χ. πολίτες, φοιτητές, δημοτικές υπηρεσίες, ΕΚΑΒ/ΠΣ).

[personas, user stories]

### Χαρτογράφηση ενδιαφερομένων και των στόχων τους

[χάρτης stakeholders]

### Συλλογή απαιτήσεων: λειτουργικές και μη λειτουργικές

(απόκριση, διαθεσιμότητα, ασφάλεια). [πίνακας απαιτήσεων, use case diagram]

### Καταγραφή περιορισμών

κανονιστικοί (GDPR), νομικοί, λειτουργικοί, τεχνικοί.

# Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης & Διαδικασιών

[2] Στόχος: Ορατότητα στο “as-is” για τεκμηρίωση αλλαγής.

## Τρέχουσα κατάσταση

[ σύνοψη ευρημάτων ]

## BPMN Τρέχουσας Κατάστασης (AS-IS)

2 ?

## Αναγνώριση σημείων τριβής

[ λίστα πόνων/κινδύνων ]

(καθυστερήσεις, silos δεδομένων, χειροκίνητα βήματα)

## SWOT/Root-Cause Analysis

(π.χ. 5 Whys, Ishikawa) για κρίσιμα προβλήματα

[ σύνοψη ευρημάτων ]

# Σχεδίαση στόχου - προτεινόμενης λύσης

[3] Στόχος: Σαφής ορισμός της επιθυμητής κατάστασης και των KPI.

## Ορισμός στόχων SMART

(π.χ. μείωση χρόνου απόκρισης κατά 30% στους 6 μήνες). [περιγραφή “to‑be”, BPMN To-Be]

## Καθορισμός KPI/μετρικών

(π.χ. p95 latency ειδοποιήσεων, ακρίβεια προγνώσεων, εξοικονόμηση kWh). [ πίνακας KPIs]

## Κριτήρια Αποδοχής

Ορισμός απαιτήσεων προσβασιμότητας, usability heuristics, multi-language/locale. [κριτήρια αποδοχής (acceptance criteria)]

# Η λύση μας: Smart City - Integrated Management System (IMS)

Η προτεινόμενη λύση, Smart City Integrated Management System (IMS), αποτελεί μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα διαχείρισης πόρων, υποδομών και υπηρεσιών ενός Δήμου, σχεδιασμένη για να προσφέρει ενιαία, ευφυή και επεκτάσιμη διαχείριση. Στόχος του συστήματος είναι η συλλογή, ανάλυση και αξιοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ώστε να βελτιωθεί η αποδοτικότητα των δημοτικών λειτουργιών, να ενισχυθεί η βιωσιμότητα και να αναβαθμιστεί η ποιότητα ζωής των πολιτών.

Η λύση προσφέρει ολοκληρωμένη ενοποίηση όλων των υποσυστημάτων ενός Δήμου, αποφεύγοντας διπλές επενδύσεις σε παρόμοιες υποδομές, μειώνοντας το λειτουργικό κόστος και αυξάνοντας την αποδοτικότητα. Μέσω της ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, οι υπεύθυνοι μπορούν να λαμβάνουν τεκμηριωμένες, ταχύτερες και πιο αποτελεσματικές αποφάσεις. Παράλληλα, η κεντρική διαχείριση πόρων προσφέρει σαφή εικόνα της διαθεσιμότητας και χρήσης των πόρων σε ολόκληρο τον Δήμο, επιτρέποντας βέλτιστο προγραμματισμό και συντονισμό.

Η πλατφόρμα υποστηρίζει διαλειτουργικότητα και συνεργασία μεταξύ διαφορετικών δημοτικών υπηρεσιών ή και δήμων, μέσω κοινών προτύπων και ασφαλών APIs, επιτρέποντας την ανταλλαγή δεδομένων με ελεγχόμενο τρόπο. Επιπλέον, το blockchain επίπεδο εξασφαλίζει διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα στις κρίσιμες συναλλαγές, ενώ οι μηχανισμοί ελέγχου πρόσβασης (RBAC) και η multi-tenant αρχιτεκτονική διασφαλίζουν την απομόνωση και ασφάλεια των δεδομένων κάθε φορέα. Με αυτόν τον τρόπο, οι δημοτικές λειτουργίες γίνονται πιο ασφαλείς, αξιόπιστες και ευέλικτες, ενώ μειώνεται ο χρόνος απόκρισης στις ανάγκες των πολιτών.

Η τεχνολογική υποδομή του IMS βασίζεται σε σύγχρονες λύσεις IoT, Cloud, Big Data, Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και Blockchain. Η αρχιτεκτονική του IMS είναι microservices-based, διασφαλίζοντας ανεξαρτησία, επεκτασιμότητα και ευκολία συντήρησης κάθε υποσυστήματος. Ο συνδυασμός των επιπέδων IoT, Big Data, ML, blockchain και frontend παρέχει ένα ολιστικό οικοσύστημα, όπου η συλλογή, επεξεργασία, ανάλυση και προβολή δεδομένων λειτουργούν με συνεκτικό, modular και ασφαλή τρόπο.

Συνολικά, το Smart City IMS καθιστά τον Δήμο πιο ευέλικτο, αποδοτικό και διαφανή, ενισχύει τη συνεργασία μεταξύ φορέων, μειώνει τον χρόνο απόκρισης στις ανάγκες των πολιτών και προάγει την καινοτομία, αναδεικνύοντας την πόλη ως πρότυπο σύγχρονης, βιώσιμης και “έξυπνης” διακυβέρνησης, ελκυστικής για επενδύσεις.

# Τεχνολογίες Υποστήριξης Συνεργασίας

Η σύγχρονη τεχνολογία παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία για την αποτελεσματική διαχείριση και κοινή χρήση πόρων μεταξύ δήμων και πόλεων. Ένα σύστημα που θα δώσει λύση στο πρόβλημα της ενοποίησης πρέπει να χρησιμοποιεί τα εξής:

## Cloud Computing

Οι πλατφόρμες cloud παρέχουν κοινή υποδομή πληροφοριακών συστημάτων και υπηρεσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολλούς δήμους χωρίς την ανάγκη ξεχωριστών επενδύσεων σε φυσικούς servers. Μέσω αυτών των πλατφορμών, οι εφαρμογές διαχείρισης απορριμμάτων, στάθμευσης, φωτισμού και άλλων δημοτικών υπηρεσιών μπορούν να φιλοξενηθούν σε ένα ενιαίο ψηφιακό περιβάλλον, μειώνοντας το κόστος αδειών, συντήρησης και υποδομών. Η επεκτασιμότητα αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες, καθώς οι διαθέσιμοι πόροι μπορούν να αυξάνονται ή να μειώνονται δυναμικά, ανάλογα με τις ανάγκες κάθε δήμου, όπως σε περιόδους αιχμής κατά τη διάρκεια τουριστικής σεζόν ή σε έκτακτες καταστάσεις. Παράλληλα, τα προηγμένα μέτρα ασφάλειας που προσφέρουν οι cloud πλατφόρμες, όπως κρυπτογράφηση, συστήματα backup και μηχανισμοί αποκατάστασης μετά από καταστροφή, εξασφαλίζουν την προστασία των κρίσιμων δεδομένων των πολιτών και τη συνέχιση της λειτουργίας των υπηρεσιών σε κάθε περίπτωση. Επιπλέον, η δυνατότητα διαλειτουργικότητας μέσω APIs επιτρέπει την εύκολη ενσωμάτωση με υπάρχοντα συστήματα και συνεργασία με τρίτους φορείς, όπως ενεργειακές εταιρείες, μεταφορικές υπηρεσίες ή άλλους δημόσιους οργανισμούς, διασφαλίζοντας τη συνέργεια και τη συνεχή ροή δεδομένων. Πλατφόρμες όπως η Microsoft Azure, το Amazon Web Services (AWS) και η Google Cloud Platform (GCP) χρησιμοποιούνται ήδη διεθνώς από smart cities για την κοινή διαχείριση εφαρμογών και δεδομένων, αποδεικνύοντας τη δυνατότητα των cloud λύσεων να βελτιώσουν την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα των δημοτικών υπηρεσιών.

Στην υλοποίηση αυτού του πρότζεκτ θα επιλεχθεί το Microsoft Azure γιατί προσφέρει μια ολοκληρωμένη και ευέλικτη πλατφόρμα που καλύπτει πλήρως τις ανάγκες μιας έξυπνης δημοτικής υποδομής. Πιο συγκεκριμένα, το Azure διαθέτει εκτεταμένες δυνατότητες υπολογιστικού νέφους (cloud computing), αποθήκευσης δεδομένων, ανάλυσης πληροφοριών και τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των δημοτικών υπηρεσιών.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του Azure είναι η ενσωμάτωση με τα εργαλεία και τις υπηρεσίες της Microsoft, όπως το Power BI, το Dynamics 365 και το Microsoft365, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση, ανάλυση και οπτικοποίηση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, η υπηρεσία Azure IoT Hub επιτρέπει τη διασύνδεση και τη διαχείριση έξυπνων συσκευών (αισθητήρων, καμερών, μετρητών κατανάλωσης κ.λπ.), κάτι που αποτελεί βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη λύσεων smart city.

Το Azure ξεχωρίζει επίσης για την υψηλή συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα ασφάλειας και προστασίας προσωπικών δεδομένων, όπως ISO 27001, GDPR και EU Model Clauses, προσφέροντας στους δήμους εγγυήσεις για τη σωστή και νόμιμη διαχείριση των πληροφοριών των πολιτών. Επιπρόσθετα, οι δυνατότητες υποστήριξης υβριδικών περιβαλλόντων (hybrid cloud) επιτρέπουν τη συνδυασμένη χρήση τοπικών υποδομών και cloud υπηρεσιών, διευκολύνοντας τη σταδιακή μετάβαση χωρίς διακοπή λειτουργιών.

Επιπλέον, το Azure θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλο για τη φιλοξενία κρατικών πληροφοριακών συστημάτων, καθώς παρέχει εξειδικευμένες υπηρεσίες για τον δημόσιο τομέα μέσω του προγράμματος Microsoft Azure Government και των Public Sector λύσεων του. Αυτές οι υπηρεσίες έχουν σχεδιαστεί ώστε να πληρούν αυστηρότερα πρότυπα ασφάλειας, διακυβέρνησης και ελέγχου πρόσβασης, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες εμπορικές εκδόσεις.

Σε αντίθεση με άλλες πλατφόρμες, όπως το AWS ή το Google Cloud, το Azure διαθέτει μακροχρόνια συνεργασία με κυβερνήσεις και δημόσιους οργανισμούς στην Ευρώπη, ενώ η Microsoft έχει ήδη προχωρήσει σε στρατηγικές συμφωνίες με την ελληνική κυβέρνηση για την ανάπτυξη τοπικών data centers και την προώθηση του ψηφιακού μετασχηματισμού του δημόσιου τομέα. Αυτό σημαίνει ότι τα δεδομένα των δήμων μπορούν να αποθηκεύονται και να υποβάλλονται σε επεξεργασία εντός της ελληνικής επικράτειας, εξασφαλίζοντας κυριαρχία δεδομένων (data sovereignty) και συμμόρφωση με τις ευρωπαϊκές νομοθεσίες προστασίας προσωπικών δεδομένων (GDPR).

Έτσι, το Microsoft Azure αποτελεί την πιο αξιόπιστη και ασφαλή επιλογή για τη φιλοξενία και λειτουργία δημοτικών και κρατικών ψηφιακών υπηρεσιών, συνδυάζοντας τεχνολογική υπεροχή, τοπική παρουσία και συμμόρφωση με τις ανάγκες του δημόσιου τομέα.

Τέλος, η παγκόσμια υποδομή του Azure, με κέντρα δεδομένων και στην Ευρώπη (συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας στο άμεσο μέλλον), εξασφαλίζει χαμηλή καθυστέρηση (latency), υψηλή διαθεσιμότητα και τοπική αποθήκευση δεδομένων, κάτι που ενισχύει την αξιοπιστία και τη συμμόρφωση με εθνικούς κανονισμούς.

## Internet of Things (IoT)

Η τεχνολογία Internet of Things (IoT) επιτρέπει τη σύνδεση φυσικών αντικειμένων και υποδομών σε δίκτυα, παρέχοντας τη δυνατότητα παρακολούθησης και διαχείρισής τους σε πραγματικό χρόνο. Σε επίπεδο δήμων, η εφαρμογή του IoT περιλαμβάνει ποικίλες λειτουργίες και υποδομές, όπως η εγκατάσταση αισθητήρων φωτισμού για την αυτόματη ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση δρόμων ανάλογα με την κίνηση, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας και βελτιστοποιώντας τη χρήση δημόσιου φωτισμού. Στα συστήματα ύδρευσης, οι αισθητήρες εντοπίζουν διαρροές, παρακολουθούν την κατανάλωση και συμβάλλουν στην πρόληψη σπατάλης νερού, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα την αποτελεσματική διαχείριση των υδάτινων πόρων. Στον τομέα της διαχείρισης απορριμμάτων, οι αισθητήρες πλήρωσης κάδων επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση των δρομολογίων των απορριμματοφόρων και τη μείωση περιττών μετακινήσεων, ενώ στους χώρους στάθμευσης η εγκατάσταση αισθητήρων διευκολύνει την εύρεση διαθέσιμων θέσεων και μειώνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση.

Η εφαρμογή του IoT προσφέρει πολλαπλά οφέλη, όπως η δυνατότητα παρακολούθησης υποδομών σε πραγματικό χρόνο, η προληπτική συντήρηση και η έγκαιρη αντιμετώπιση προβλημάτων πριν εξελιχθούν σε σοβαρές βλάβες. Επιπλέον, η αξιοποίηση δεδομένων από αισθητήρες συμβάλλει στη μείωση του λειτουργικού κόστους, στην περιορισμένη σπατάλη πόρων και στην αποδοτικότερη κατανομή του ανθρώπινου δυναμικού. Η συγκεντρωτική διαχείριση και η κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ διαφορετικών δήμων ενισχύει τη συνεργασία και δημιουργεί δυνατότητες για συντονισμένα προγράμματα βιώσιμης ανάπτυξης.

## Big Data και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)

Η συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων από ποικίλες πηγές επιτρέπει την εμπεριστατωμένη ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων βάσει πραγματικών δεδομένων, προσφέροντας ουσιαστικά εργαλεία βελτίωσης της αποδοτικότητας των δημοτικών υπηρεσιών. Η χρήση τεχνολογιών Big Data και τεχνητής νοημοσύνης (AI) επιτρέπει την πρόβλεψη των αναγκών των πολιτών, όπως η κατανάλωση ενέργειας, οι ανάγκες καθαριότητας και η ζήτηση άλλων υπηρεσιών, μέσω αλγορίθμων μηχανικής μάθησης που αναλύουν ιστορικά και σε πραγματικό χρόνο δεδομένα.

Παράλληλα, οι αλγόριθμοι AI συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση δρομολογίων απορριμματοφόρων και δημοτικών οχημάτων, λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα κυκλοφορίας, πλήρωσης κάδων και ζήτησης υπηρεσιών, μειώνοντας τον χρόνο μετακίνησης, την κατανάλωση καυσίμων και τα λειτουργικά έξοδα. Η διαχείριση ενέργειας επωφελείται από την ανάλυση δεδομένων που συλλέγονται από αισθητήρες και έξυπνους μετρητές, επιτρέποντας τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO2 μέσω προληπτικών και στοχευμένων παρεμβάσεων.

Επιπλέον, η προληπτική συντήρηση των υποδομών καθίσταται δυνατή μέσω της συνεχούς ανάλυσης δεδομένων για την πρόβλεψη πιθανών βλαβών σε δίκτυα ύδρευσης, φωτισμού και μεταφορών, εξασφαλίζοντας τη μείωση των απρογραμμάτιστων διακοπών και τη βελτίωση της συνολικής αποδοτικότητας των υπηρεσιών. Η ενοποίηση δεδομένων από IoT, κοινωνικά μέσα και δημοτικά συστήματα παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα της λειτουργίας της πόλης, επιτρέποντας στους δήμους να λαμβάνουν αποφάσεις με ολιστική και τεκμηριωμένη προσέγγιση.

## APIs και Blockchain

Οι τεχνολογίες APIs και Blockchain αποτελούν κρίσιμα εργαλεία για τη διαλειτουργικότητα, την ασφάλεια και τη διαφάνεια στη διαχείριση πόρων μεταξύ δήμων και πόλεων. Τα APIs (Application Programming Interfaces) επιτρέπουν στα διαφορετικά συστήματα να επικοινωνούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα με ασφαλή και προτυποποιημένο τρόπο.

Μέσω των APIs, οι δήμοι μπορούν να ενσωματώνουν διαφορετικές εφαρμογές, όπως συστήματα διαχείρισης απορριμμάτων, στάθμευσης και φωτισμού, σε ένα ενιαίο λειτουργικό περιβάλλον. Επιπλέον, τα APIs επιτρέπουν την κοινή χρήση δεδομένων με τρίτους φορείς, όπως ενεργειακές εταιρείες ή μεταφορικές υπηρεσίες, χωρίς να θίγεται η ασφάλεια των πληροφοριών. Η δυνατότητα δυναμικής ενημέρωσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο διευκολύνει την άμεση λήψη αποφάσεων και την ενημέρωση των πολιτών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η χρήση API για εφαρμογές κινητών που ενημερώνουν τους πολίτες για τη διαθεσιμότητα θέσεων στάθμευσης ή την κατάσταση των κάδων απορριμμάτων σε πραγματικό χρόνο.

Η χρήση 3rd-party APIs (όπως Google Maps API, OpenWeather API, Azure Maps, ή Traffic Data Services) διευκολύνει την παροχή εμπλουτισμένων λειτουργιών, όπως απεικόνιση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, προγνωστικά καιρικών συνθηκών, ή βελτιστοποίηση διαδρομών δημοτικών οχημάτων. Επιπλέον, τα APIs επιτρέπουν την ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων με τρίτους φορείς (π.χ. ενεργειακές εταιρείες, υπηρεσίες μεταφορών ή startups), χωρίς να θίγεται η προστασία προσωπικών ή επιχειρησιακών πληροφοριών. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται πραγματικός ψηφιακός συντονισμός και άμεση λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων (real-time data-driven decision making).

Η τεχνολογία Blockchain προσφέρει ασφάλεια, διαφάνεια και αμετάβλητη καταγραφή δεδομένων, ενισχύοντας την αξιοπιστία και τη λογοδοσία στη διαχείριση πόρων. Κάθε συναλλαγή ή καταγραφή δαπανών και ενεργειών αποθηκεύεται σε ένα αμετάβλητο μητρώο, ενώ οποιοσδήποτε εξουσιοδοτημένος φορέας μπορεί να επαληθεύσει την αυθεντικότητα των δεδομένων, εξασφαλίζοντας πλήρη διαφάνεια. Η αποκεντρωμένη φύση της τεχνολογίας μειώνει τον κίνδυνο απάτης ή κακής διαχείρισης, καθώς δεν υπάρχει κεντρικό σημείο αποτυχίας. Επιπλέον, η χρήση smart contracts επιτρέπει την αυτοματοποίηση διαδικασιών, όπως η εκτέλεση πληρωμών προς προμηθευτές ή η ενεργοποίηση δημοτικών υπηρεσιών όταν πληρούνται συγκεκριμένα κριτήρια. Ένα πρακτικό παράδειγμα αποτελεί ένα blockchain δίκτυο που συνδέει πολλούς δήμους και παρακολουθεί την κατανάλωση ενέργειας, επαληθεύει πληρωμές για κοινές υπηρεσίες και διασφαλίζει ότι η χρήση πόρων ακολουθεί τις συμφωνίες συνεργασίας.

Η συνδυαστική χρήση APIs και Blockchain προσφέρει πολλαπλά οφέλη. Βελτιώνει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών δήμων και συστημάτων, εξασφαλίζει την ασφάλεια των δεδομένων και μειώνει τον κίνδυνο απάτης, ενώ αυξάνει την αξιοπιστία και τη διαφάνεια στη διαχείριση των πόρων. Παράλληλα, η αυτοματοποίηση διαδικασιών μέσω smart contracts μειώνει την ανάγκη για χειροκίνητη διαχείριση και εξοικονομεί χρόνο και πόρους, καθιστώντας τη διαχείριση των κοινών πόρων πιο αποδοτική, ασφαλή και σύγχρονη.

# Αρχιτεκτονική & Τεχνικές Προδιαγραφές

## Components Εφαρμογής

### Επίπεδο IoT και Αισθητήρων

Η λειτουργία του συστήματος ξεκινά από το επίπεδο IoT, όπου πλήθος αισθητήρων και έξυπνων συσκευών είναι εγκατεστημένα σε κρίσιμες υποδομές της πόλης, όπως το οδικό δίκτυο, το ενεργειακό σύστημα, η ύδρευση και οι περιβαλλοντικοί σταθμοί μέτρησης. Οι συσκευές αυτές συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, όπως κυκλοφοριακές ροές, κατανάλωση ενέργειας, στάθμες νερού, επίπεδα ρύπων ή θορύβου και άλλα κρίσιμα μεγέθη.

Η υλοποίηση του επιπέδου αυτού βασίζεται σε Python, αξιοποιώντας βιβλιοθήκες όπως η paho-mqtt για την αποστολή μηνυμάτων μέσω πρωτοκόλλου MQTT και η psutil για την παρακολούθηση πόρων συστημάτων και αισθητήρων. Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω Apache Kafka σε πραγματικό χρόνο, εξασφαλίζοντας αξιόπιστη και ταχύτατη ροή πληροφοριών προς τα ανώτερα επίπεδα της αρχιτεκτονικής.

### 3rd party APIs

Τα υπόλοιπα κυβερνητικά και δημόσια πληροφοριακά συστήματα συνδέονται με το Smart City IMS μέσω APIs, επιτρέποντας την ασφαλή και προτυποποιημένη ανταλλαγή δεδομένων. Επίσης, αυτό παρέχει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης τρίτων εφαρμογών και υπηρεσιών, όπως χάρτες (Google Maps API), ειδοποιήσεις ή καιρού. Μέσω αυτών των APIs, οι πληροφορίες μπορούν να ρέουν σε πραγματικό χρόνο προς και από το σύστημα, υποστηρίζοντας άμεση λήψη αποφάσεων και ενημέρωση πολιτών και φορέων.

### Επίπεδο Επικοινωνίας και Μεταφοράς Δεδομένων

Το Apache Kafka λειτουργεί ως ο βασικός μηχανισμός επικοινωνίας του συστήματος, συνδέοντας τις συσκευές IoT με τις υπηρεσίες του backend και τα συστήματα ανάλυσης δεδομένων. Ως Message Queue (MQ), το Kafka εξασφαλίζει υψηλή διαθεσιμότητα, επεκτασιμότητα και χαμηλή καθυστέρηση (low latency) στη μεταφορά δεδομένων. Η αρχιτεκτονική του επιτρέπει τη δημιουργία διαφορετικών topics ανά τύπο πληροφορίας (π.χ. traffic\_data, energy\_usage, water\_quality), διασφαλίζοντας καθαρή δρομολόγηση, ευκολία συντήρησης και ευελιξία στην επεξεργασία. Με αυτόν τον τρόπο, το Kafka αποτελεί τον κεντρικό κόμβο μεταφοράς και συγχρονισμού όλων των δεδομένων της πόλης από τα άκρα προς τη κεντρική διαχείριση.

### Pipeline Δεδομένων και Υποδομή Βάσεων

Το σύστημα συλλέγει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στη Cosmos DB, μια cloud-based βάση δεδομένων κατάλληλη για ημιδομημένα δεδομένα (JSON) και υψηλό φόρτο εισροής. Τα δεδομένα αυτά περνούν από PySpark, όπου καθαρίζονται, εμπλουτίζονται και προετοιμάζονται για ανάλυση και μηχανική μάθηση. Τα επεξεργασμένα δεδομένα χωρίζονται σε δύο ροές: η πρώτη πηγαίνει στο PostgreSQL, μια σχεσιακή βάση για δομημένα δεδομένα που υποστηρίζει συναλλαγές και εξυπηρετεί την εφαρμογή Spring, ενώ η δεύτερη τροφοδοτεί τα μοντέλα ML για εκπαίδευση ή πρόβλεψη. Τα αποτελέσματα των μοντέλων, καθώς και τα ιστορικά και συγκεντρωτικά δεδομένα, αποθηκεύονται στο Azure Synapse Analytics, το οποίο λειτουργεί ως data warehouse για OLAP ανάλυση και dashboards. Η εφαρμογή Spring συνδέεται τόσο με το PostgreSQL για OLTP λειτουργίες όσο και με τη Synapse για ανάλυση (OLAP), παρέχοντας στη συνέχεια τα αποτελέσματα στο Angular frontend για δυναμική απεικόνιση και λήψη αποφάσεων.

### Backend Υπηρεσίες

Το backend του συστήματος είναι υλοποιημένο σε Spring Boot (Java), μια πλατφόρμα κατάλληλη για ανάπτυξη enterprise-grade εφαρμογών. Λειτουργεί ως κεντρικό σημείο συντονισμού και ενοποίησης, διασφαλίζοντας την ομαλή ροή δεδομένων μεταξύ των βάσεων, των υποσυστημάτων ανάλυσης και του frontend, ενώ ταυτόχρονα εκτελεί την επιχειρησιακή λογική του συστήματος.

Οι backend υπηρεσίες που βρίσκονται σε Azure Kubernetes Service (AKS) εκθέτουν RESTful APIs και δέχονται δεδομένα από:

* Το Angular frontend, μέσω του Nginx που φιλοξενείται στο Azure App Service, για αιτήματα χρήστη και real-time αλληλεπίδραση.
* Τη PostgreSQL, για transactional και structured δεδομένα.
* Την Azure Synapse, για ανάλυση και ανάκτηση ιστορικών ή συγκεντρωτικών δεδομένων.

Το backend αναλαμβάνει:

* Επεξεργασία αιτημάτων από το frontend
* Λαμβάνει αιτήματα CRUD και queries, ελέγχει δικαιώματα μέσω JWT Authentication και Spring Security, και επιστρέφει τα απαιτούμενα δεδομένα είτε άμεσα είτε μετά από ανάκτηση από PostgreSQL ή Synapse.
* Υλοποιεί τους κανόνες του συστήματος, αποφασίζοντας πώς αποθηκεύονται ή επικαιροποιούνται τα δεδομένα, ποια αποτελέσματα ML εμφανίζονται σε κάθε χρήστη, και ποιες ειδοποιήσεις ενεργοποιούνται.
* Παροχή RESTful endpoints για το frontend: Τα endpoints προσφέρουν μοναδικό σημείο πρόσβασης στο Angular frontend, χωρίς να χρειάζεται το frontend να γνωρίζει ή να συνδέεται απευθείας με τις βάσεις ή τα analytics pipelines.

Η αρχιτεκτονική του backend είναι microservices-based, επιτρέποντας:

* Ανεξαρτησία και επεκτασιμότητα κάθε υποσυστήματος.
* Ευκολία συντήρησης και ανθεκτικότητα σε σφάλματα.
* Οριζόντια κλιμάκωση ανάλογα με τον φόρτο εργασίας.

Επίσης χρησιμοποιείται caching με τη χρήση Azure Cache for Redis.

Με αυτόν τον τρόπο, το Spring backend λειτουργεί ως διαμεσολαβητής και κέντρο επιχειρησιακής λογικής, διαχειρίζεται, επεξεργάζεται και δρομολογεί τα δεδομένα ανάλογα με τις ανάγκες, και τα προωθεί στο Angular frontend μέσω Nginx, διασφαλίζοντας καθαρό διαχωρισμό ρόλων, modular αρχιτεκτονική και υψηλή αποδοτικότητα.

### Επίπεδο Ανάλυσης, Big Data και AI

Το επίπεδο ανάλυσης βασίζεται στο Apache Spark, το οποίο παρέχει δυνατότητες επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων (Big Data) σε κατανεμημένο περιβάλλον. Το Spark λαμβάνει raw δεδομένα από τη Cosmos DB, τα οποία καθαρίζει, εμπλουτίζει και μετασχηματίζει μέσω PySpark και SQL queries, προετοιμάζοντάς τα για περαιτέρω επεξεργασία. Μετά την επεξεργασία, τα δεδομένα κατευθύνονται σε δύο βασικές ροές: η πρώτη ροή οδηγεί τα δεδομένα στο PostgreSQL, που αποθηκεύονται ως structured δεδομένα και υποστηρίζουν τις OLTP λειτουργίες της εφαρμογής Spring, ενώ η δεύτερη ροή τα στέλνει στο Azure Machine Learning (Azure ML) για εκπαίδευση μοντέλων, ανάλυση και προβλέψεις. Τα αποτελέσματα των μοντέλων ML αποθηκεύονται στη συνέχεια στο Azure Synapse Analytics, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο OLAP περιβάλλον που συνδυάζει ιστορικά και συγκεντρωτικά δεδομένα. Με αυτόν τον τρόπο, το Spark λειτουργεί ως ενδιάμεσος κόμβος που ενώνει stream processing και batch processing, προσφέροντας τη βάση για έξυπνη, προβλεπτική και προσαρμοστική λειτουργία της Έξυπνης Πόλης. Στη συνέχεια τα δεδομένα από τη Synapse είναι επίσης διαθέσιμα στο Spring core.

### Frontend Επίπεδο

Το Angular frontend προσφέρει ένα διαδραστικό, φιλικό και προσαρμόσιμο περιβάλλον χρήστη για την παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων της Έξυπνης Πόλης. Μέσω της διεπαφής, οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν δεδομένα IoT σε πραγματικό χρόνο, με δυναμικά γραφήματα και χαρτογραφικές απεικονίσεις, να λαμβάνουν ειδοποιήσεις για κρίσιμα γεγονότα, όπως υπερβάσεις ορίων ή ανωμαλίες αισθητήρων, και να προβάλλουν αποτελέσματα προβλέψεων και αναλύσεων που προέρχονται από τα μοντέλα ML και τα dashboards του Synapse. Η επικοινωνία με το backend πραγματοποιείται μέσω ασφαλών HTTPS αιτημάτων, που περνούν από τον Nginx μέσα στο AKS cluster, αξιοποιώντας RESTful APIs για ασφαλή ανάκτηση και ενημέρωση δεδομένων. Το frontend φιλοξενείται ξεχωριστά από το AKS στο Azure App Service, εξασφαλίζοντας ανεξάρτητη ανάπτυξη και κλιμάκωση από τα υπόλοιπα backend microservices. Η διεπαφή έχει σχεδιαστεί για απλότητα, ταχύτητα απόκρισης και άμεση πρόσβαση σε κρίσιμες πληροφορίες, προσαρμοσμένο στις ανάγκες διαφορετικών χρηστών, όπως διαχειριστές, τεχνικούς και δημότες. Επιπλέον, ενσωματώνεται πλήρως με το backend analytics layer, επιτρέποντας την προβολή KPIs και την οπτικοποίηση αποτελεσμάτων από Spark και Synapse, παρέχοντας μια ενιαία εμπειρία παρακολούθησης, ανάλυσης και λήψης αποφάσεων.

### Blockchain Επίπεδο

Η τεχνολογία Blockchain προσθέτει ένα επιπλέον επίπεδο ασφάλειας, διαφάνειας και αξιοπιστίας στο Smart City IMS. Υλοποιείται σε Python, αξιοποιώντας τη βιβλιοθήκη web3.py, η οποία επιτρέπει τη διασύνδεση με δημόσια δίκτυα Ethereum ή ιδιωτικά permissioned blockchains. Η χρήση blockchain επιλέχθηκε γιατί προσφέρει αμετάβλητη καταγραφή γεγονότων, διασφαλίζοντας ότι τα κρίσιμα δεδομένα και συναλλαγές δεν μπορούν να τροποποιηθούν ή να χαθούν, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για δημόσιες υποδομές και διαχείριση πόρων.

Ο κύριος ρόλος του blockchain είναι η επαλήθευση, καταγραφή και ιχνηλασιμότητα σημαντικών συναλλαγών και γεγονότων. Κάθε ενέργεια, όπως οι ενεργειακές συναλλαγές μεταξύ δημοτικών εγκαταστάσεων, η παρακολούθηση δημόσιων πόρων ή η επικύρωση smart contracts για υπηρεσίες και συνεργασίες, αποθηκεύεται σε ένα αποκεντρωμένο ledger, δημιουργώντας ένα μοναδικό ψηφιακό αποτύπωμα (hash) για κάθε γεγονός.

Η ενσωμάτωση του blockchain στο IMS γίνεται μέσω ασφαλών APIs που εκθέτει το backend, το οποίο διαμεσολαβεί ανάμεσα στις εφαρμογές και στο blockchain δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται:

* Ακεραιότητα δεδομένων: κανένα καταγεγραμμένο γεγονός δεν μπορεί να τροποποιηθεί μετά την αποθήκευσή του.
* Διαφάνεια: κάθε συναλλαγή είναι επαληθεύσιμη από εξουσιοδοτημένα μέρη, εξασφαλίζοντας πλήρη διαφάνεια στη διαχείριση πόρων.
* Εμπιστοσύνη: ενισχύεται η αξιοπιστία μεταξύ πολιτών, δημοτικών υπηρεσιών και τρίτων φορέων, καθώς όλες οι ενέργειες είναι ιχνηλάσιμες και ασφαλείς.

Με αυτόν τον τρόπο, το Blockchain Επίπεδο λειτουργεί ως trust layer, συμπληρώνοντας τη συνολική αρχιτεκτονική Smart City IMS και καθιστώντας το σύστημα πιο ανθεκτικό, αξιόπιστο και διαφανές, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει ότι η δημόσια διαχείριση γίνεται με ασφαλή, επαληθεύσιμο και τεκμηριωμένο τρόπο, χωρίς να απαιτείται η διαχείριση των nodes από το ίδιο το σύστημα χάρη στη χρήση του Azure Blockchain Service.

### Υποδομή Cloud

Το Smart City Integrated Management System (IMS) φιλοξενείται πλήρως στην πλατφόρμα Microsoft Azure, η οποία παρέχει ασφαλή, επεκτάσιμη και αξιόπιστη υποδομή νέφους για τη λειτουργία όλων των επιπέδων της αρχιτεκτονικής, από τη συλλογή δεδομένων IoT έως την ανάλυση και την απεικόνιση αποτελεσμάτων. Η επιλογή του Azure εξασφαλίζει υψηλή διαθεσιμότητα, ασφάλεια και συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα, ενώ επιτρέπει την αυτόνομη ανάπτυξη, κλιμάκωση και συντήρηση κάθε υπηρεσίας, μειώνοντας το λειτουργικό κόστος και αυξάνοντας την ανθεκτικότητα του συστήματος.

Η Azure Kubernetes Service (AKS) χρησιμοποιείται για την ορχήστρωση των containers που φιλοξενούν τα επιμέρους microservices του backend, καθώς και τις υπηρεσίες επεξεργασίας δεδομένων (Apache Kafka, Spark). Αυτή η προσέγγιση εξασφαλίζει αυτοματοποιημένη διαχείριση πόρων, ισοκατανομή φόρτου και υψηλή διαθεσιμότητα, ενώ διατηρεί ανεξαρτησία και απομόνωση των υποσυστημάτων.

Το blockchain επίπεδο υλοποιείται μέσω του Azure Blockchain Service, ανεξάρτητα από το AKS. Αυτή η υπηρεσία παρέχει αποκεντρωμένη, ασφαλή και αμετάβλητη καταγραφή συναλλαγών, χωρίς να απαιτείται η διαχείριση των nodes από το ίδιο το σύστημα. Η ξεχωριστή φιλοξενία του blockchain επιτρέπει:

* Ανεξάρτητη κλιμάκωση και διαχείριση των blockchain λειτουργιών.
* Αξιοποίηση των δυνατοτήτων του Azure Blockchain Service για ασφαλή permissioned ή δημόσια δίκτυα.
* Διατήρηση απομόνωσης και ασφάλειας μεταξύ των υποσυστημάτων.

Για την αποθήκευση δεδομένων χρησιμοποιούνται:

* Azure Cosmos DB: για raw δεδομένα IoT σε πραγματικό χρόνο, κατάλληλη για ημιδομημένα δεδομένα (JSON) και υψηλό φόρτο εισροής.
* Azure Database for PostgreSQL: για transactional και structured δεδομένα (OLTP), υποστηρίζοντας τις ανάγκες της εφαρμογής Spring.
* Azure Synapse Analytics: για ανάλυση και αποθήκευση ιστορικών και συγκεντρωτικών δεδομένων (OLAP), δημιουργώντας dashboards και KPIs.

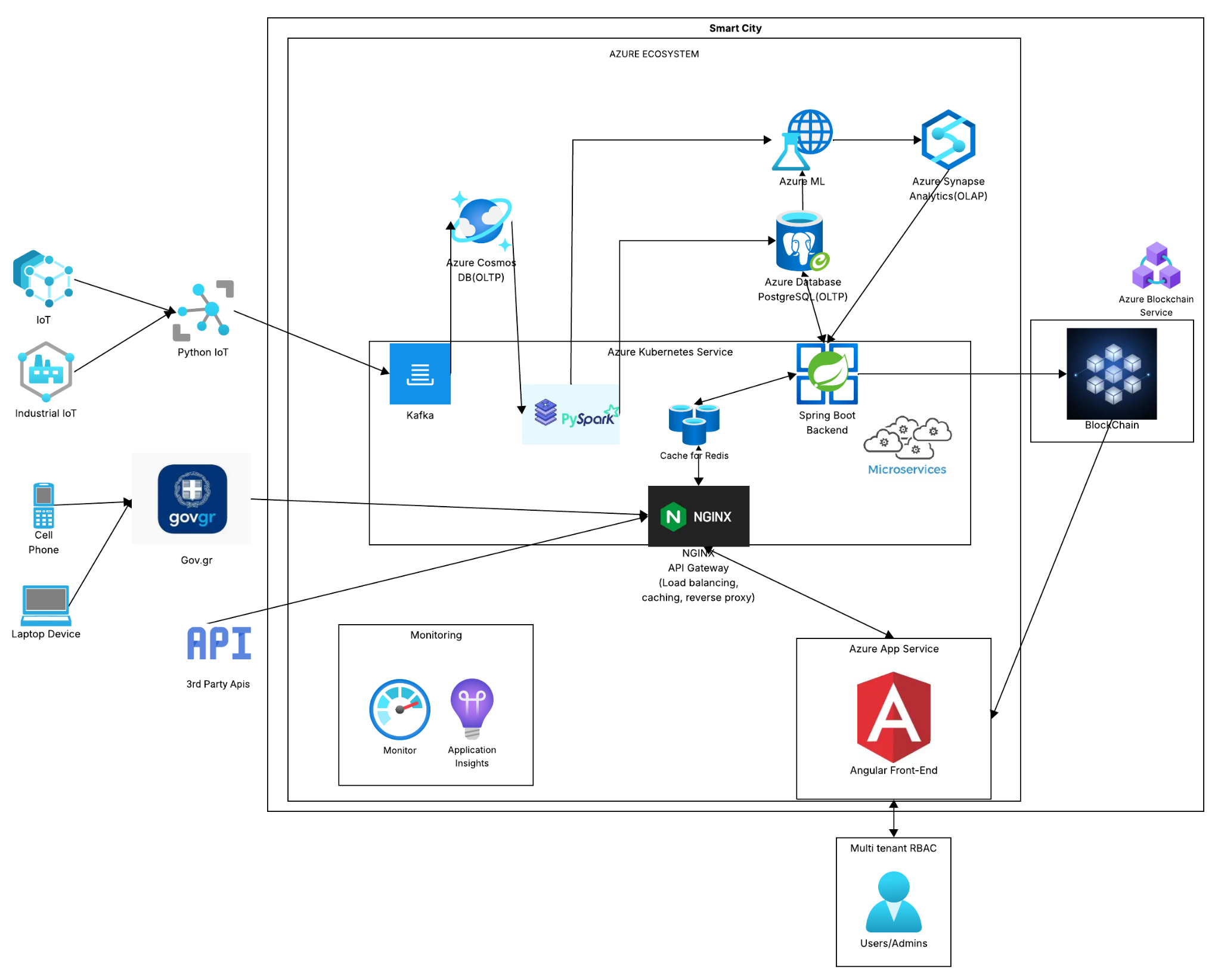
Η πλατφόρμα Azure Machine Learning (Azure ML) υποστηρίζει την εκπαίδευση, ανάπτυξη και παρακολούθηση μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης, τα οποία συνδέονται με τα υποσυστήματα Apache Spark και Synapse για προηγμένη ανάλυση και προβλέψεις.

Το frontend (Angular) φιλοξενείται ξεχωριστά στο Azure App Service, διασφαλίζοντας ανεξάρτητη ανάπτυξη, ευελιξία και κλιμάκωση από τα backend microservices που τρέχουν στο AKS. Η επικοινωνία με το backend γίνεται μέσω ασφαλών HTTPS αιτημάτων και Nginx, εξασφαλίζοντας ασφαλή και αξιόπιστη ροή δεδομένων προς τους χρήστες.

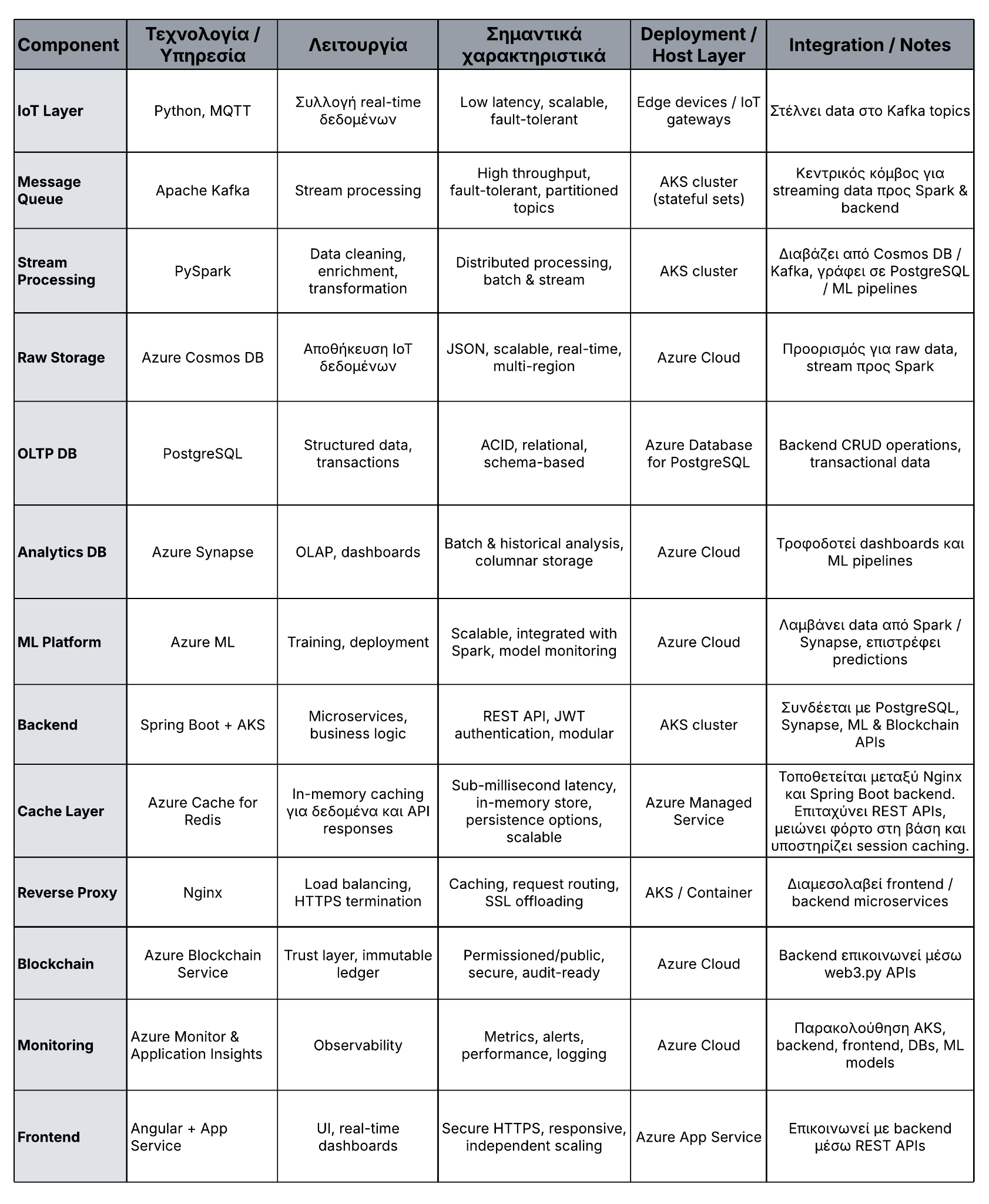
Οι υπηρεσίες Azure Monitor και Application Insights παρέχουν πλήρη παρακολούθηση και ανάλυση της λειτουργίας του συστήματος, επιτρέποντας την έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων και τη διασφάλιση υψηλής απόδοσης και διαθεσιμότητας.

Συνολικά, η χρήση του Microsoft Azure καθιστά το Smart City IMS μια ολοκληρωμένη, ασφαλή και βιώσιμη λύση cloud, που υποστηρίζει διαλειτουργικότητα, modular αρχιτεκτονική, αυτοματοποίηση ανάπτυξης (CI/CD pipelines) και έξυπνη διαχείριση των πόρων της πόλης.

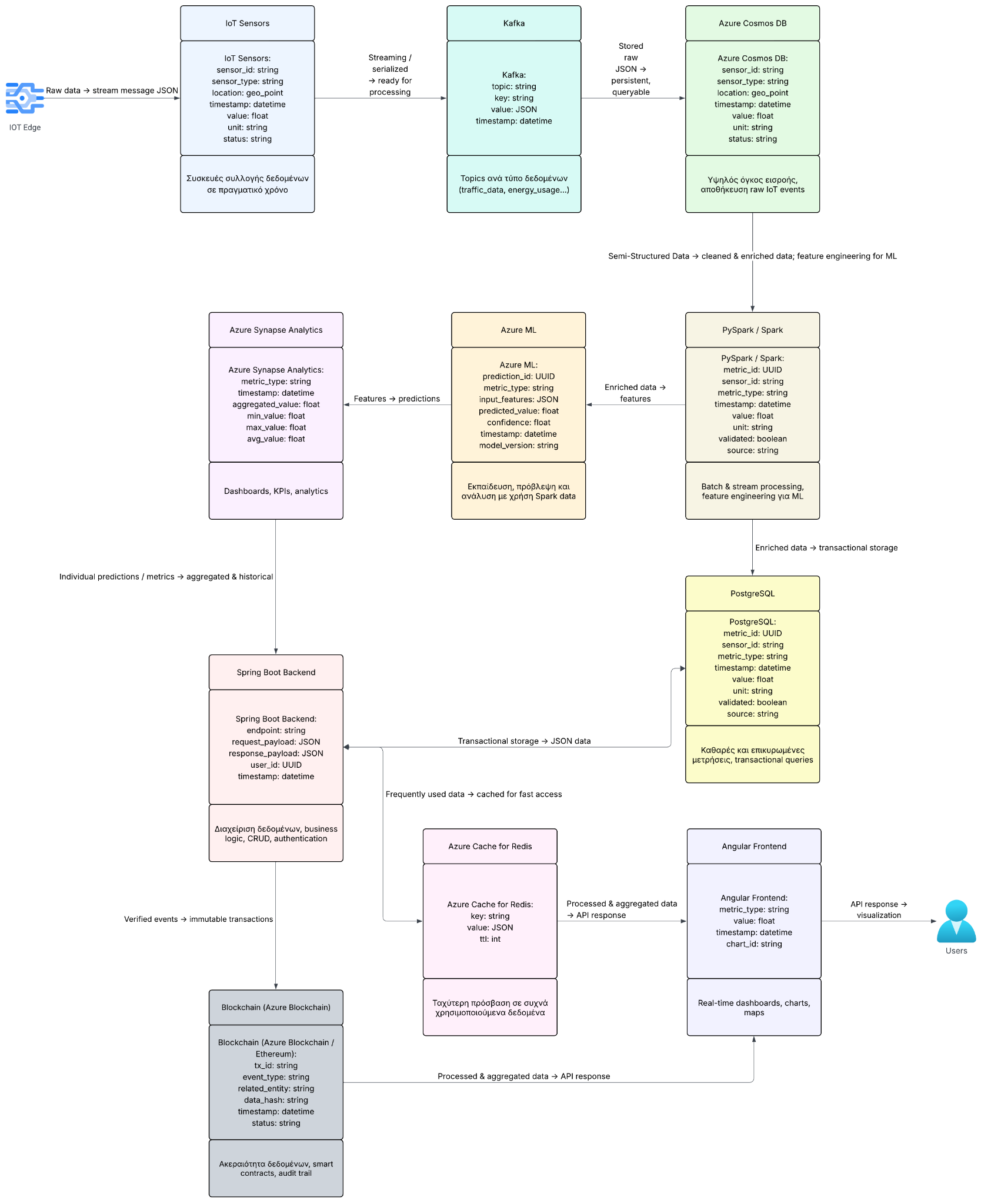
## Αρχιτεκτονικό διάγραμμα



## Πίνακας προδιαγραφών



## Data schema



## Πολιτική ασφαλείας και SLA

### Ασφάλεια Συστήματος

Η ασφάλεια αποτελεί κεντρικό άξονα του Smart City IMS και διασφαλίζει την προστασία των δεδομένων σε όλα τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής. Ο έλεγχος ταυτότητας και η εξουσιοδότηση υλοποιούνται μέσω JWT Tokens και OAuth2, ενώ εφαρμόζεται Role-Based Access Control (RBAC) για την καθορισμένη πρόσβαση χρηστών. Συγκεκριμένα, ο ρόλος του διαχειριστή (admin) επιτρέπει πλήρη διαχείριση του συστήματος, ο ρόλος του τεχνικού (technician) περιορίζεται στη συντήρηση των αισθητήρων και της υποδομής, ενώ οι πολίτες (citizens) έχουν πρόσβαση μόνο σε dashboards και ειδοποιήσεις.

Η προστασία των δεδομένων κατά τη μεταφορά επιτυγχάνεται με χρήση TLS/HTTPS, εξασφαλίζοντας την εμπιστευτικότητα των πληροφοριών και την αποτροπή επιθέσεων τύπου man-in-the-middle. Τα δεδομένα που αποθηκεύονται, όπως πληροφορίες από αισθητήρες και transactional records, κρυπτογραφούνται με AES 256-bit encryption, εξασφαλίζοντας ασφάλεια και ακεραιότητα, ενώ τα ευαίσθητα πεδία διαχειρίζονται με ειδικά μέτρα προστασίας. Επιπλέον, η δικτύωση και η απομόνωση των υπηρεσιών υλοποιούνται μέσω AKS Network Policies, Azure Virtual Network (VNet) με ξεχωριστά subnets για frontend, backend, βάσεις δεδομένων και analytics layers, καθώς και χρήση private endpoints για Cosmos DB, PostgreSQL και Synapse Analytics.

### Ασφάλεια Δεδομένων

Η στρατηγική backup και ανάκτησης δεδομένων εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα των πληροφοριών σε περίπτωση σφάλματος ή καταστροφής. Η Cosmos DB πραγματοποιεί καθημερινά backups με δυνατότητα point-in-time recovery έως και 30 ημέρες, ενώ η PostgreSQL υποστηρίζει Point-in-Time Recovery (PITR). Το Azure Synapse Analytics διαθέτει scheduled snapshots και incremental backups, ενώ κρίσιμες υπηρεσίες μπορούν να ανακάμψουν μέσω failover σε άλλη Azure region. Παράλληλα, οι διαδικασίες auditing και logging υλοποιούνται με χρήση Azure Monitor και Application Insights, που καταγράφουν metrics, API calls, exceptions και performance data, ενώ δημιουργούνται audit trails για compliance και forensic analysis. Αυτό συνοδεύεται από alerts και ειδοποιήσεις σε περίπτωση παραβιάσεων ή σφαλμάτων.

### Service Level Agreement (SLA)

Το Service Level Agreement (SLA) του Smart City Integrated Management System (IMS) καθορίζει με σαφήνεια τα επίπεδα διαθεσιμότητας, απόδοσης και ανάκτησης του συστήματος, διασφαλίζοντας τη σταθερή λειτουργία όλων των κρίσιμων υπηρεσιών. Οι υποδομές Azure Kubernetes Service (AKS) προσφέρουν 99.9% uptime για τα backend microservices, ενώ η Cosmos DB και η PostgreSQL διαθέτουν SLA 99.99% για read/write operations. Η πλατφόρμα Azure Machine Learning (Azure ML) και το Synapse Analytics εγγυώνται 99.9% διαθεσιμότητα για batch processing και real-time analytics, εξασφαλίζοντας απρόσκοπτη λειτουργία των pipelines επεξεργασίας δεδομένων και μοντέλων ML.

Για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης και τη μείωση του latency, το σύστημα αξιοποιεί caching με Azure Cache for Redis, επιτρέποντας ταχύτατη πρόσβαση σε συχνά χρησιμοποιούμενα δεδομένα και αποτελέσματα queries. Οι RESTful API κλήσεις στο backend έχουν μέγιστη καθυστέρηση 200ms, ενώ η επεξεργασία real-time δεδομένων από τα IoT sensors μέσω Apache Kafka και PySpark ολοκληρώνεται σε λιγότερο από 1 δευτερόλεπτο. Οι OLAP queries στο Synapse εμφανίζονται σε dashboards σε λιγότερο από 5 δευτερόλεπτα, ακόμα και όταν επεξεργάζονται εκατομμύρια εγγραφές, διασφαλίζοντας υψηλή ταχύτητα και άμεση διαθεσιμότητα πληροφοριών για τους χρήστες.

Λόγω της γεωγραφικής θέσης των χρηστών και της συμμόρφωσης με τον κανονισμό GDPR, το σύστημα θα φιλοξενείται στο Azure Greece Region (Καθώς θα έχει πραγματοποιηθεί μέχρι τότε), με Azure West Europe Region ως region pair για disaster recovery. Αυτή η επιλογή εξασφαλίζει failover δυνατότητα και επαναφορά κρίσιμων υπηρεσιών σε περίπτωση καταστροφής ή απρόβλεπτης διακοπής, με Recovery Time Objective (RTO) < 30 λεπτά και Recovery Point Objective (RPO) < 5 λεπτά για τα δεδομένα IoT.

Τα σενάρια disaster recovery περιλαμβάνουν failover σε secondary region, restore backups, επαναφορά ML pipelines και επανεκκίνηση real-time streaming μέσω Kafka και PySpark. Η χρήση caching και η κατανεμημένη αρχιτεκτονική διασφαλίζουν ότι ακόμη και σε περιπτώσεις αποτυχίας, η επαναφορά των υπηρεσιών είναι γρήγορη, οι απώλειες δεδομένων ελάχιστες και η λειτουργία του Smart City IMS συνεχίζεται με υψηλή αξιοπιστία, ανθεκτικότητα και διαθεσιμότητα σε κάθε επίπεδο της πλατφόρμας.

# UX Σχεδίαση & Mockups

[5] Στόχος: Διασύνδεση στόχων με εμπειρία χρήστη.

## User journeys

[περιγραφή ροής χρηστών] για 2–3 βασικά σενάρια.

## Wireframes & mockups

[σετ mockups (στατικές εικόνες ή Figma links)] για βασικές οθόνες (χαρτογράφηση, ειδοποιήσεις, αναφορές).

## Αρχές προσβασιμότητας (WCAG 2.1 AA) και mobile-first σχεδίαση

Η πλατφόρμα Smart City IMS σχεδιάζεται σύμφωνα με τις αρχές WCAG 2.1 AA, διασφαλίζοντας ότι η πρόσβαση στις πληροφορίες και τις υπηρεσίες είναι πλήρως εφικτή για όλους τους χρήστες, ανεξαρτήτως δεξιοτήτων ή αναπηριών. Η εφαρμογή εφαρμόζει πρακτικά μέτρα όπως:

* Χρωματική αντίθεση: Κείμενο και στοιχεία διεπαφής ελέγχονται ώστε να πληροί τουλάχιστον 4.5:1 ratio για κείμενο μικρού μεγέθους και 3:1 για μεγάλο κείμενο, διασφαλίζοντας ευκρίνεια για χρήστες με οπτικές δυσκολίες.
* Εναλλακτικό περιεχόμενο: Όλες οι εικόνες, γραφήματα και interactive icons περιλαμβάνουν descriptive alt text. Τα infographics και dashboards διαθέτουν textual summaries για screen readers.
* Πλοήγηση με πληκτρολόγιο: Όλα τα interactive elements (κουμπιά, sliders, menus, modals) μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλήρως χωρίς mouse, υποστηρίζοντας tab navigation και skip links.
* Screen readers & ARIA roles: Τα UI components διαθέτουν σωστά ARIA labels, roles και live regions ώστε οι χρήστες assistive technologies να λαμβάνουν άμεση και σωστή πληροφόρηση για αλλαγές περιεχομένου σε real-time dashboards.
* Μεγέθη γραμματοσειράς και scalable UI: Το σύστημα υποστηρίζει scalable text (em/rem units) και responsive typography, ώστε οι χρήστες να μπορούν να αυξάνουν ή να μειώνουν το μέγεθος του κειμένου χωρίς να χαλάει η διάταξη.

Η εφαρμογή ακολουθεί mobile-first προσέγγιση, σχεδιάζοντας αρχικά για κινητές συσκευές και στη συνέχεια επεκτείνοντας σε tablet και desktop οθόνες. Οι βασικές πρακτικές περιλαμβάνουν:

* Responsive Grid Layouts: Χρήση CSS Grid και Flexbox για δυναμική προσαρμογή των dashboards, widgets, charts και maps σε οποιοδήποτε μέγεθος οθόνης.
* Adaptive components: Τα γραφήματα από το Spark/ML layer και τα OLAP dashboards του Synapse προσαρμόζονται δυναμικά, εμφανίζοντας μόνο τα πιο κρίσιμα KPIs σε μικρές οθόνες, ενώ σε desktop εμφανίζονται πλήρη datasets.
* Touch-friendly elements: Όλα τα interactive στοιχεία (κουμπιά, dropdowns, sliders) έχουν επαρκές μέγεθος και απόσταση για χρήση με δάχτυλο, μειώνοντας τα λάθη εισαγωγής σε mobile devices.
* Progressive loading & lazy rendering: Δυναμικά dashboards, χάρτες και δεδομένα real-time από Kafka/Spark φορτώνονται με lazy loading, ώστε να μειώνεται ο χρόνος απόκρισης σε κινητές συσκευές και να βελτιώνεται η εμπειρία χρήστη.
* Caching και local storage: Χρήση Azure Cache for Redis και browser-side caching για συχνά χρησιμοποιούμενα δεδομένα, μειώνοντας το latency σε κινητές συσκευές και επιτρέποντας offline ή weak-network πρόσβαση σε βασικές λειτουργίες.

Η πρακτική υλοποίηση περιλαμβάνει:

* Frontend framework: Angular, με modular components, services και reactive forms για διαχείριση UI state.
* Accessibility testing: Χρήση εργαλείων όπως axe-core, Lighthouse και manual keyboard/screen reader testing για συνεχή επαλήθευση WCAG compliance.
* Analytics & UX feedback: Ενσωμάτωση χρήσης telemetry μέσω Azure Application Insights για να παρακολουθούνται προβλήματα UI/UX, ειδικά σε mobile χρήστες, και να γίνονται βελτιώσεις.

Η εφαρμογή αυτών των αρχών εξασφαλίζει ότι όλοι οι χρήστες, συμπεριλαμβανομένων των ατόμων με αναπηρία, έχουν πρόσβαση σε real-time IoT δεδομένα, alerts και analytics, ενώ ταυτόχρονα η διεπαφή παραμένει ταχεία, responsive και ευέλικτη σε κάθε τύπο συσκευής. Η mobile-first φιλοσοφία σε συνδυασμό με WCAG 2.1 AA compliance εξασφαλίζει υψηλή αποδοχή, ασφάλεια και επαγγελματικό επίπεδο UX/UI, καθιστώντας το Smart City IMS σύστημα προσβάσιμο, σύγχρονο και αξιόπιστο.

# Δοκιμές, Αξιολόγηση και Διαχείριση Κινδύνων

[6] Στόχος: Ποιότητα και συμμόρφωση με κριτήρια αποδοχής. Υπεύθυνη και ασφαλής λύση.

## Έλεγχοι

[ test plan & reports ] λειτουργικές δοκιμές, edge cases, αντοχή/φόρτος (όπου εφικτό)

[ Πίνακας ιχνηλασιμότητας απαιτήσεων → test cases → αποτελέσματα ]

## Δοκιμές & Αποδοχή

[ σύνοψη UAT & ευρήματα ] User Acceptance Testing (Δοκιμές Αποδοχής από Χρήστη) με 2–3 αντιπροσωπευτικούς χρήστες (π.χ. think‑aloud) και συλλογή ανατροφοδότησης.

## Σχεδιασμός Πιλοτικού

[ σχέδιο πιλοτικού ]Ορισμός χώρου/φορέα πιλοτικής εφαρμογής (π.χ. ένα αμφιθέατρο, μία διαδρομή πόλης, ένας δήμος).

## Κίνδυνοι

[ risk register ]Risk register (τεχνικοί/λειτουργικοί/νομικοί/κοινωνικοί κίνδυνοι) με

πιθανότητα/επίπτωση/μετριασμούς.

## Οφέλη

….

# Ενδεικτική Υλοποίηση - Proof of Concept

## Github Link

….

## Youtube Demo

….

## Step By Step Implementation - Παράδειγμα

Η ενδεικτική υλοποίηση του Smart City IMS έχει ως στόχο την επιβεβαίωση της λειτουργικότητας και της αποδοτικότητας της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής, με ελάχιστο λειτουργικό κόστος και μέγιστη επίδειξη αποτελεσμάτων. Η προσέγγιση βασίζεται σε προσομοίωση πραγματικών ροών δεδομένων, πλήρη επεξεργασία, αποθήκευση, οπτικοποίηση και καταγραφή ακεραιότητας.

### Προσομοίωση IoT Εισόδου

Αναπτύσσεται Python script που προσομοιώνει δεδομένα αισθητήρων (π.χ. θερμοκρασία, ενέργεια, ρύπανση) και τα δημοσιεύει σε πραγματικό χρόνο μέσω Apache Kafka.

Χρησιμοποιείται η βιβλιοθήκη kafka-python για αποστολή μηνυμάτων JSON σε Kafka topics. Στόχος είναι η δημιουργία ρεαλιστικών δεδομένων χωρίς εξάρτηση από φυσικές συσκευές.

….

### Διαμεσολάβηση Ροών - Apache Kafka

Το Apache Kafka λειτουργεί ως message broker, εξασφαλίζοντας αξιόπιστη και χαμηλής καθυστέρησης μεταφορά δεδομένων.

Για το PoC, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε τοπική ανάπτυξη μέσω Docker Compose είτε Azure Event Hubs (Kafka-compatible) για cloud υποδομή.

….

### Επεξεργασία Δεδομένων - PySpark

Η επεξεργασία ροών δεδομένων πραγματοποιείται μέσω PySpark Structured Streaming.

Εκτελούνται λειτουργίες καθαρισμού, υπολογισμού στατιστικών και ανίχνευσης ανωμαλιών, με τα αποτελέσματα να αποθηκεύονται στη βάση PostgreSQL.

Η υλοποίηση αποδεικνύει τη δυνατότητα real-time analytics και κλιμακούμενης επεξεργασίας δεδομένων.

….

### Αποθήκευση - Azure Database for PostgreSQL

Η βάση PostgreSQL αποθηκεύει επεξεργασμένα δεδομένα, μεταδεδομένα αισθητήρων και συμβάντα.

Το σχήμα περιλαμβάνει πίνακες sensors, measurements και alerts, διασφαλίζοντας ACID συναλλαγές και γρήγορη ανάκτηση πληροφοριών.

….

### Επιχειρησιακή Λογική - Spring Boot Backend

Το backend, ανεπτυγμένο σε Spring Boot, παρέχει RESTful APIs για πρόσβαση στα δεδομένα και την επιχειρησιακή λογική.

Υποστηρίζει JWT authentication, role-based authorization και διαχείριση γεγονότων, τα οποία μπορούν να επαληθεύονται και να καταγράφονται στο blockchain.

Η υπηρεσία μπορεί να αναπτυχθεί σε Azure Kubernetes Service (AKS) ή Azure Container Apps.

….

### Διεπαφή Χρήστη - Angular + Nginx

Το frontend, ανεπτυγμένο σε Angular, προσφέρει web dashboard με real-time ενημέρωση, γραφήματα (Chart.js) και διαδραστικούς χάρτες (Leaflet.js).

Το Nginx λειτουργεί ως reverse proxy και παρέχει HTTPS termination και caching.

Η εφαρμογή φιλοξενείται σε Azure App Service, με σχεδίαση mobile-first και συμμόρφωση με WCAG 2.1 AA.

….

### Καταγραφή Ακεραιότητας - Blockchain Layer

Κάθε κρίσιμο γεγονός (π.χ. alert ή συναλλαγή) καταγράφεται σε blockchain ledger.

Για το PoC χρησιμοποιείται η βιβλιοθήκη web3.py με Ethereum test network ή Azure Blockchain Service.

Αποθηκεύεται μοναδικό hash ανά γεγονός, εξασφαλίζοντας αμετάβλητη και επαληθεύσιμη καταγραφή.

….

### Παρακολούθηση και Διαχείριση - Azure Monitor & Application Insights

Όλα τα containers και οι υπηρεσίες συνδέονται με Azure Monitor και Application Insights για συγκέντρωση logs, μετρικών και ανάλυση επιδόσεων.

Η λύση παρέχει πλήρη ορατότητα στη λειτουργία του συστήματος και έγκαιρη ανίχνευση σφαλμάτων.

….

### Caching και Βελτιστοποίηση Απόδοσης

Ενσωματώνεται Azure Cache for Redis για προσωρινή αποθήκευση δεδομένων και αποτελεσμάτων queries.

Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται χαμηλό latency (<200ms) στις REST API κλήσεις και ταχύτερη απόκριση στα dashboards.

….

### Ανάπτυξη σε Azure Περιβάλλον

Το Proof of Concept φιλοξενείται στο Azure Greece Region, ενώ ως region pair για disaster recovery χρησιμοποιείται το Azure West Europe.

Η ανάπτυξη υλοποιείται μέσω CI/CD pipelines (GitHub Actions ή Azure DevOps), με αυτόματο build, test και deployment των microservices και του frontend.

# Συμπεράσματα

Η κοινή διαχείριση πόρων και υπηρεσιών σε επίπεδο δήμων και πόλεων αναδεικνύεται ως στρατηγικής σημασίας προσέγγιση για τη διαμόρφωση βιώσιμων, αποδοτικών και τεχνολογικά προηγμένων αστικών οικοσυστημάτων. Στο πλαίσιο της σύγχρονης αστικής διακυβέρνησης, όπου η πολυπλοκότητα των υποδομών και η ανάγκη για βελτιστοποίηση των δημόσιων υπηρεσιών αυξάνονται, η υιοθέτηση ενός ενιαίου πλαισίου συνεργασίας και διαλειτουργικότητας προσφέρει ουσιαστικά πλεονεκτήματα. Μέσω της κοινής αξιοποίησης υποδομών, της ενοποίησης δεδομένων και της χρήσης ψηφιακών πλατφορμών διαχείρισης, οι δήμοι μπορούν να επιτύχουν οικονομίες κλίμακας, μείωση λειτουργικού κόστους, βελτιωμένο συντονισμό δράσεων και ενισχυμένη διαφάνεια. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή μιας τέτοιας στρατηγικής απαιτεί συντονισμό, πολιτική βούληση και θεσμική συνέπεια, ώστε να διασφαλιστεί η συνεργασία όλων των εμπλεκομένων φορέων.

Η τεχνολογική διάσταση αυτής της προσέγγισης είναι καθοριστική. Η αξιοποίηση τεχνολογιών αιχμής, όπως το Cloud Computing, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), τα Big Data, η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), τα APIs και το Blockchain, επιτρέπει τη συλλογή, ανάλυση και αξιοποίηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας τη διαλειτουργικότητα και διασφαλίζοντας την ασφάλεια και την ακεραιότητα των πληροφοριών. Παράλληλα, η εκπαίδευση του ανθρώπινου δυναμικού, η τυποποίηση διαδικασιών και η αξιοποίηση εθνικών και ευρωπαϊκών χρηματοδοτήσεων αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για τη βιώσιμη υλοποίηση του οράματος της «έξυπνης διακυβέρνησης».

Ως στρατηγική κατεύθυνση, προτείνεται η πιλοτική εφαρμογή του συστήματος σε επιλεγμένους δήμους, με σκοπό τη δοκιμή τεχνολογικών λύσεων, την αξιολόγηση της λειτουργικότητας και τον εντοπισμό πιθανών τεχνικών ή οργανωτικών προκλήσεων πριν από τη γενικευμένη υιοθέτηση. Μέσα από τη συστηματική αξιολόγηση και συνεχή βελτίωση των πιλοτικών έργων, μπορεί να δημιουργηθεί ένα επαναχρησιμοποιήσιμο και προσαρμόσιμο πλαίσιο, ικανό να επεκταθεί σταδιακά σε πανελλαδικό επίπεδο. Η εφαρμογή αυτής της στρατηγικής οδηγεί σε βελτιωμένη αποδοτικότητα, μείωση κόστους, περιβαλλοντική βιωσιμότητα και αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των πολιτών.

Τελικά, η καθιέρωση ενός ολοκληρωμένου μοντέλου κοινής διαχείρισης πόρων μπορεί να αποτελέσει πρότυπο συνεργατικής καινοτομίας, ενισχύοντας τον ρόλο της Ελλάδας ως πρωτοπόρου στην ανάπτυξη “έξυπνων” και βιώσιμων πόλεων σε διεθνές επίπεδο καθώς και θα μετατρέψει τη χώρα σε ένα ελκυστικό για επενδύσεις tech-hub.

—PLAN—

Δομή ομάδας και ρόλοι✅

Περίληψη✅

Εισαγωγή✅

Πρόβλημα και πλαίσιο χρήσης✅

Το Πρόβλημα [FIK]✅

Περιβάλλον, Ενδιαφερόμενοι και Απαιτήσεις [Vaios]❌

Ορισμός χρηστών στόχου❌

Χαρτογράφηση ενδιαφερομένων και των στόχων τους❌

Συλλογή απαιτήσεων: λειτουργικές και μη λειτουργικές❌

Καταγραφή περιορισμών❌

Ανάλυση Υφιστάμενης Κατάστασης & Διαδικασιών [ALEX]❌

Τρέχουσα κατάσταση❌

BPMN Τρέχουσας Κατάστασης (AS-IS)❌

Αναγνώριση σημείων τριβής❌

SWOT/Root-Cause Analysis❌

Σχεδίαση στόχου - προτεινόμενης λύσης❌

Ορισμός στόχων SMART❌

Καθορισμός KPI/μετρικών❌

Κριτήρια Αποδοχής❌

Η λύση μας: Smart City - Integrated Management System (IMS)✅

— PRES 1 (19/11) —

Τεχνολογίες Υποστήριξης Συνεργασίας✅

Cloud Computing✅

Internet of Things (IoT)✅

Big Data και Τεχνητή Νοημοσύνη (AI)✅

APIs και Blockchain✅

Αρχιτεκτονική & Τεχνικές Προδιαγραφές✅

Components Εφαρμογής✅

1. Επίπεδο IoT και Αισθητήρων✅

2. 3rd party APIs✅

3. Επίπεδο Επικοινωνίας και Μεταφοράς Δεδομένων✅

4. Pipeline Δεδομένων και Υποδομή Βάσεων✅

5. Backend Υπηρεσίες✅

6. Επίπεδο Ανάλυσης, Big Data και AI✅

7. Frontend Επίπεδο✅

8. Blockchain Επίπεδο✅

9. Υποδομή Cloud✅

Αρχιτεκτονικό διάγραμμα✅

Πίνακας προδιαγραφών✅

Data schema✅

Πολιτική ασφαλείας και SLA✅

Ασφάλεια Συστήματος✅

Ασφάλεια Δεδομένων✅

Service Level Agreement (SLA)✅

UX Σχεδίαση & Mockups[vaios]❌

User journeys❌

Wireframes & mockups❌

Αρχές προσβασιμότητας (WCAG 2.1 AA) και mobile-first σχεδίαση✅

Δοκιμές, Αξιολόγηση και Διαχείριση Κινδύνων [Gian]❌

Έλεγχοι❌

Δοκιμές & Αποδοχή❌

Σχεδιασμός Πιλοτικού❌

Κίνδυνοι❌

Οφέλη❌

Ενδεικτική Υλοποίηση - Proof of Concept❌

Github Link❌

Youtube Demo❌

Step By Step Implementation - Παράδειγμα❌

1. Προσομοίωση IoT Εισόδου❌

2. Διαμεσολάβηση Ροών - Apache Kafka❌

3. Επεξεργασία Δεδομένων - PySpark❌

4. Αποθήκευση - Azure Database for PostgreSQL❌

5. Επιχειρησιακή Λογική - Spring Boot Backend❌

6. Διεπαφή Χρήστη - Angular + Nginx❌

7. Καταγραφή Ακεραιότητας - Blockchain Layer❌

8. Παρακολούθηση και Διαχείριση - Azure Monitor & Application Insights❌

9. Caching και Βελτιστοποίηση Απόδοσης❌

10. Ανάπτυξη σε Azure Περιβάλλον❌

Συμπεράσματα✅

— PRES 2 (7/1) —

— TO-DO —

29/10:

1. FIK:
2. VAIOS:
3. ALEX:
4. GIAN: