



Δρ. Ατσαλάκη Ιωάννα
Διδάσκων Πολυτεχνείου Κρήτης
Εργαστήριο Επιστημονικών Δεδομένων

Ιωάννα Ατσαλάκη

Ψηφιακή ορατότητα end-to-end στον τουρισμό

Στον μεταπανδημικό και γεωπολιτικά ασταθή κόσμο, η ικανότητα μιας τουριστικής επιχείρησης ή ενός προορισμού να προϋπολογίζει, να εντοπίζει και να ελέγχει την κίνηση αγαθών και πόρων από την αρχική πηγή έως τον τελικό χρήστη (end-to-end visibility) δεν είναι πλέον «πλεονέκτημα» αλλά είναι προϋπόθεση επιβίωσης. Τα ψηφιακά εργαλεία όπως, αισθητήρες Internet of Things (IoT), πλατφόρμες διαχείρισης προμηθευτών, ψηφιακά δίδυμα (digital twins), blockchain και αλγόριθμους πρόβλεψης, μετασχηματίζουν τη δυναμική της εφοδιαστικής στο τουριστικό οικοσύστημα: μειώνουν τα «τυφλά σημεία», βελτιώνουν τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο και επιτρέπουν την προληπτική διαχείριση ρίσκου. Οι δυνατότητες και τα όρια αυτών των τεχνολογιών αναλύονται παρακάτω, με έμφαση στην εφαρμογή τους στον τουρισμό.

ΨΗΦΙΑΚΑ ΔΙΔΥΜΑ (DIGITAL TWINS) ΚΑΙ ΤΟΝ ΡΟΛΟ ΤΟΥΣ: Ο όρος «digital twin» περιγράφει μια δυναμική ψηφιακή αναπαράσταση φυσικών ή διαδικαστικών οντοτήτων όπως είναι οι εγκαταστάσεις, αλυσίδες προμηθειών, αποθήκες, ακόμη και ολόκληρων προορισμών, που ενημερώνεται με πραγματικά δεδομένα και επιτρέπει προσομοιώσεις, σενάρια «what-if»

και βελτιστοποίηση λειτουργιών. Στον τουρισμό, digital twins μπορούν να μοντελοποιήσουν την προμήθεια τροφίμων σε ξενοδοχεία, τη λειτουργία ψυχρών αλυσίδων για ευπαθή προϊόντα, την πληρότητα αποθηκών και τις διαδρομές μεταφοράς, επιτρέποντας στο management να προβλέπει σημεία συμφόρησης και να δοκιμάζει λύσεις χωρίς να διακινδυνεύει πραγματικούς πόρους. Μελέτες βιομηχανικών συμβούλων δείχνουν ότι τα digital twins μπορούν να βελτιώσουν την τήρηση των δεσμεύσεων προς τον καταναλωτή, να μειώσουν κόστη εργασίας και να αυξήσουν την αποδοτικότητα της αλυσίδας.

ΙΟΤ: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ, COLD-CHAIN ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ: Οι IoT αισθητήρες (GPS, θερμοκρασίας, υγρασίας, δόνησης) προσφέρουν την «αίσθηση» της αλυσίδας: το πού βρίσκεται ένα φορτίο, υπό ποιες συνθήκες διατηρείται, τότε άρχισε μια καθυστέρηση. Στον τουρισμό, όπου πολλές υπηρεσίες βασίζονται σε φρέσκα προϊόντα, φάρμακα για ταξιδιώτες ή ειδικά ανταλλακτικά, η παρακολούθηση της ψυχρής αλυσίδας μέσω IoT μειώνει απώλειες και κινδύνους φθοράς. Τα δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας, σε συνδυασμό με predictive analytics, επιτρέπουν την αυτόματη ειδοποίηση και τη μετατόπιση πόρων (π.χ. reroute ενός φορτίου) πριν προκύψει ζημία. Η εμπειρική βιβλιογραφία και οι πρόσφατες αγορικές αναλύσεις αναγνωρίζουν την ταχεία διείσδυση τέτοιων λύσεων σε cold-chain εφαρμογές.

BLOCKCHAIN ΓΙΑ ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗ: Το blockchain προσφέρει αμετάβλητο αρχείο γεγονότων κατά μήκος της αλυσίδας: καταγραφή παραγωγού, μεταφοράς, επεξεργασίας και παράδοσης. Στον τουρισμό αυτό σημαίνει ότι ένα ξενοδοχείο μπορεί να τεκμηριώσει την προέλευση βιολογικών τροφίμων, να αποδείξει τη σωστή τήρηση της ψυχρής αλυσίδας και να απαντήσει γρήγορα σε κρίσεις ασφάλειας τροφίμων, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη των πελατών. Πειραματικές εφαρμογές και μελέτες δείχνουν ότι το blockchain βελτιώνει την ιχνηλασιμότητα και διευκολύνει την αυτόματη ενεργοποίηση συμβολαίων (smart contracts) σε περίπτωση παράδοσης ή μη συμμόρφωσης.

ΠΡΟΓΝΩΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PREDICTIVE ANALYTICS) ΚΑΙ AI-POWERED FORECASTING: Η συσχέτιση ιστορικών πωλήσεων, εποχικότητας, δεδομένων καιρού, κρατήσεων και real-time σημάτων από αισθητήρες τροφοδοτεί αλγόριθμους που προβλέπουν ζήτηση, αστοχίες προμηθευτών ή σημεία

συμφόρησης. Στον ξενοδοχειακό κλάδο, αυτό μεταφράζεται σε βελτιωμένο reordering (αυτόματη αναπλήρωση όταν τα αποθέματα πέφτουν κάτω από όρια), μείωση stockouts και λιγότερες ακυρώσεις υπηρεσιών (π.χ. επισιτιστικές παροχές που δεν μπορούν να ικανοποιηθούν). Με την υιοθέτηση AI-based forecast, εταιρείες αναφέρουν μειώσεις lead-times, βελτίωση service levels και εξοικονόμηση κόστους.

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟΝ ΤΟΥΡΙΣΜΟ

- 1. Διαχείριση φρέσκων προμηθειών:** ξενοδοχεία και εστιατόρια χρησιμοποιούν IoT για να παρακολουθούν θερμοκρασίες ψυγείων και να ενεργοποιούν αυτόματες παραγγελίες προϊόντων τοπικών παραγωγών. Αυτό μειώνει σπατάλη τροφίμων και βελτιώνει τη σταθερότητα προσφοράς.
- 2. Micro-warehousing και ροές multi-sourcing:** με digital twins μπορούν να προσομοιώσουν την τοποθέτηση μικρών αποθηκών σε νησιά ή μακρινούς προορισμούς ώστε να ελαττωθεί ο χρόνος επαναπρομήθειας.
- 3. Ιχνηλασιμότητα και πιστοποιήσεις:** blockchain πλατφόρμες επιτρέπουν στους ταξιδιώτες να δουν την προέλευση προϊόντων - ένα στοιχείο που ενισχύει τη βιώσιμη ταυτότητα του προορισμού.

ΟΦΕΛΗ: ΜΕΙΩΣΗ LEAD-TIMES, ΛΙΓΟΤΕΡΕΣ ΑΚΥΡΩΣΕΙΣ, ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ: Συνδυαστικά εργαλεία digital twins, συν IoT, συν predictive analytics επιτυγχάνουν: (α) καλύτερο συγχρονισμό προσφοράς και ζήτησης, (β) γρήγορη ανακατανομή πόρων σε έκτακτες καταστάσεις, (γ) μείωση απωλειών λόγω κακοκαιρίας ή ελλειπών ψύξης και (δ) βελτιωμένη εμπειρία επισκέπτη (συνεχής παροχή υπηρεσιών). Οι συμβουλευτικές μελέτες καταγράφουν μετρήσιμα οφέλη στην ποιότητα υπηρεσίας και στη μείωση κόστους λειτουργίας.

ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: Η τεχνολογική μετάβαση δεν είναι χωρίς εμπόδια: κόστη επένδυσης, ανάγκη διαλειτουργικότητας μεταξύ legacy συστημάτων, ελλείψεις δεξιοτήτων και ζητήματα ιδιωτικότητας δεδομένων. Επιπλέον, η τυποποίηση πρωτοκόλλων IoT και η ενσωμάτωση blockchain σε μικρές τοπικές αλυσίδες απαιτούν τεχνική υποστήριξη και κοινές πολιτικές. Η επιχειρησιακή αντοχή απαιτεί σταδιακή υιοθέτηση με πιλοτικές εφαρμογές και συνεργασίες με τεχνολογικούς παρόχους.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ:

- **Στάδια υιοθέτησης:** ξεκινήστε από pilot projects -π.χ. ένα ξενοδοχείο ή ένα μικρό δίκτυο επιχειρήσεων- πριν την κλιμάκωση.
- **Δημόσιο-ιδιωτική συνεργασία:** υποδομές (π.χ. δίκτυα LPWAN για IoT, κέντρα δεδομένων) μπορούν να υποστηριχθούν από δημόσιες επενδύσεις και επιδοτήσεις.
- **Τυποποίηση και εκπαίδευση:** προγράμματα κατάρτισης για τεχνικό και διοικητικό προσωπικό και πρότυπα για διαλειτουργικότητα συστημάτων.
- **Αποδοτικότητα κόστους:** αξιολογήσεις κόστους - οφέλους και χρήση cloud-based υπηρεσιών για μείωση αρχικών δαπανών.

Βασικοί δείκτες μετρήσεων (για μικρό/μεσαίο ξενοδοχείο): Κάθε Key Performance Index (KPI), περιλαμβάνει τύπο υπολογισμού και προτεινόμενο στόχο μετά 6–12 μήνες.

- 1. Days of Inventory (DOI)**
Τύπος: (Συνολική αξία αποθεμάτων / μέσο ημερήσιο κόστους πωλήσεων).
Στόχος: 10–20 ημέρες για τρόφιμα (ανάλογα εποχικότητα).
- 2. Stockout Rate (%)**
Τύπος: (αριθμός περιπτώσεων stockout / συνολικές απαιτήσεις)×100.
Στόχος: <2% για κρίσιμες κατηγορίες.
- 3. On-time Delivery Rate (%)**
Τύπος: (on-time deliveries / total deliveries)×100.
Στόχος: >95%.
- 4. Mean Time to Detect (MTTD) anomaly**
Τύπος: μέσος χρόνος (ώρες) από αδυναμία/παράβαση αισθητήρα έως ειδοποίηση.

- Στόχος: <1 ώρα.
- 5. Mean Time to Remediate (MTTR)**
Τύπος: μέσος χρόνος από ειδοποίηση έως ανάκτηση/ανακατεύθυνση.
Στόχος: <12 ώρες για κρίσιμα είδη.
 - 6. Waste reduction % (food loss)**
Τύπος: (baseline loss – current loss)/ baseline ×100.
Στόχος: μείωση 15–30% εντός 12 μηνών.
 - 7. Forecast accuracy (%)**
Τύπος: $1 - (|forecast - actual| / actual) \times 100$ (για εβδομαδιαία/μηνιαία ζήτηση).
Στόχος: >85% για επαναλαμβανόμενα είδη.
 - 8. Supplier diversification index**
Τύπος: αριθμός ενεργών προμηθευτών / κρίσιμες κατηγορίες.
Στόχος: ≥2 προμηθευτές για κάθε κατηγορία A.
 - 9. Cost of Resilience (€ / μήνα)**
Τύπος: επιπλέον κόστος αποθήκευσης + insurance + SaaS fees / μήνα.
Στόχος: παρακολούθηση για αξιολόγηση ROI (στόχος payback <18–24 μήνες).

Η ψηφιακή ορατότητα end-to-end αλλάζει ριζικά τον τρόπο που οι τουριστικές επιχειρήσεις σχεδιάζουν, προμηθεύονται και διαχειρίζονται υπηρεσίες. Η συνδυαστική χρήση digital twins, IoT, blockchain και AI-driven forecasting δεν είναι τεχνολογικό «εύρημα» αλλά λειτουργικό εργαλείο ανθεκτικότητας: μειώνει lead-times, ελαχιστοποιεί διακοπές, βελτιώνει την εμπειρία του επισκέπτη και ενισχύει την ανταγωνιστικότητα του προορισμού. Η υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών πρέπει να γίνει στρατηγικά, με σταδιακή εφαρμογή, δημόσια-ιδιωτική συνεργασία και πολιτικές ενίσχυσης δεξιοτήτων - έτσι ώστε η ψηφιακή μετάβαση να μετατραπεί σε βιώσιμο πλεονέκτημα για τον τουρισμό.



Φωτογραφία Αρχείου Περιφέρειας Κρήτης