	ΕΝΙΑΙΑ ΔΡΑΣΗ ΚΡΑΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΕΡΕΥΝΩ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης και Εφαρμογής Δράσεων στους τομείς Έρευνας, Τεχνολογικής Ανάπτυξης και Καινοτομίας

Π 2.2 Τεκμηρίωση υποσυστήματος πρόβλεψης ζήτησης

Κωδικός Έργου:	Τ2ΕΔΚ-01197
Τίτλος Έργου:	Prediction SCMS: Σύστημα Διαχείρισης Πρόβλεψης Ζήτησης και Σχεδιασμού Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Π 2.2 Τεκμηρίωση υποσυστήματος πρόβλεψης ζήτησης

Σελίδα ελέγχου εγγράφου

Αρχείο εγγράφου: D2.2

Έκδοση εγγράφου: 1.0

Ιδιοκτήτης εγγράφου: SGA

Ενότητα Εργασίας: ΕΕ2: Υποσύστημα πρόβλεψης ζήτησης.

Τύπος παραδοτέου: Έκθεση

Ιστορικό αλλαγών:

Έκδοση	Συγγραφέας	Ημερομηνία	Σύνοψη
0.1	Ιωάννης Ανδριανάκης	2020-09-25	Πίνακας περιεχομένων και αρχικό κείμενο
0.2	Ιωάννης Ανδριανάκης	2021-09-28	Διεπαφή χρήστη, περιγραφή λειτουργικότητας.
0.3	Ιωάννης Ανδριανάκης	2021-10-08	Διεπαφή, βάση δεδομένων
1.0	Ιωάννης Ανδριανάκης, Σάββας Κούννος	2021-10-22	Τελικός έλεγχος

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων ii
Σύνοψη iv
Συντομογραφίες και ακρώνυμα v
1 Εισαγωγή 1
1.1 Σκοπός του έργου 1
1.2 Αντικείμενο της Ενότητας Εργασίας 1
1.3 Στόχος του παραδοτέου - Δομή 2
2 Επισκόπηση υποσυστήματος 2
3 Περιγραφή διεπαφής χρήστη 3
3.1 Σελίδα εισόδου 4
3.2 Λίστα παραγγελιών 4
3.3 Προβλέψεις - παραγγελίες 5
3.3.1 Πλοήγηση 6
3.3.2 Γραφική απεικόνιση 6
3.3.3 Πίνακας τιμών 6
3.3.4 Ρυθμίσεις 7
3.3.5 Μπάρα εργαλείων 7
3.4 Μενού πλοήγησης 7
4 Περιγραφή λειτουργικότητας 7
4.1 Περιγραφή δεδομένων 7
4.2 Αλγόριθμοι πρόβλεψης 8
4.2.1 Εκθετική εξομάλυνση 8
4.2.2 Αυτόματη εκθετική εξομάλυνση 8
4.2.3 AutoARIMA 8
4.2.4 Prophet 8
4.2.5 Νευρωνικά δίκτυα 9
4.2.6 Μέθοδος δένδρων 10
4.3 Ελλείψεις προϊόντων 10
4.4 Παρεμφερή προϊόντα 11
4.5 Αυθεντικοποίηση χρήστη 11
5 Τεχνολογίες ανάπτυξης 11

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

5.1 Front end 11
5.2 Back end 12
6 Περιγραφή διεπαφής 13
6.1 Διεπαφή παραγγελιών 13
6.2 Διεπαφή προϊόντων 14
6.3 Διεπαφή Μοντέλων 15
6.4 Αυθεντικοποίηση χρήστη 15
7 Βάση δεδομένων 17
7.1 Πίνακας προϊόντων (Product) 17
7.2 Πίνακας προμηθευτών (Supplier) 17
7.3 Πίνακας πωλήσεων (Sales) 17
7.4 Πίνακας αποθεμάτων (Stock) 17
7.5 Πίνακας παραγγελιών (OrderMast) 17
7.6 Πίνακας προβλέψεων (Predictions) 17
7.7 Πίνακας μοντέλων πρόβλεψης (TSModel) 18
7.8 Πίνακας μοντέλων - προϊόντων (TSModelProduct) 18
7.9 Πίνακας Χρηστών (Users) 18
7.10 Πίνακας παραμέτρων (_sgaParam) 18
8 Επίλογος 19
9 Βιβλιογραφία 20

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σύνοψη

Το έγγραφο αυτό αποτελεί παραδοτέο του έργου Τ2ΕΔΚ-01197 «Σύστημα Διαχείρισης Πρόβλεψης Ζήτησης και Σχεδιασμού Εφοδιαστικής Αλυσίδας» με ακρωνύμιο Prediction SCMS, και συγκεκριμένα της Ενότητας Εργασίας 2 με τίτλο «Υποσύστημα πρόβλεψης ζήτησης». Στόχος του είναι να τεκμηριώσει το σχεδιασμό και τη λειτουργικότητα του υποσυστήματος πρόβλεψης ζήτησης. Το έγγραφο ξεκινάει με μία επισκόπηση του υποσυστήματος (κεφ. 2) και στη συνέχεια περιγράφει τη διεπαφή χρήστη (κεφ. 3). Έπειτα δίνεται μία περιγραφή της λειτουργικότητας του υποσυστήματος, με αναφορά στα δεδομένα και τους υλοποιημένους αλγόριθμους πρόβλεψης (κεφ. 4). Οι τεχνολογίες πάνω στις οποίες στηρίχτηκε η ανάπτυξή του παρατίθενται στο κεφ. 5 ενώ τα δύο επόμενα κεφάλαια περιγράφουν πιο τεχνικά τμήματα του συστήματος όπως η διεπαφή του εξυπηρετητή (κεφ. 6) και ο σχεδιασμός της βάσης δεδομένων (κεφ. 7).

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Συντομογραφίες και ακρώνυμα

Συντομογραφία	Επεξήγηση

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός του έργου

Το παρόν έργο στοχεύει στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης εφοδιαστικών αλυσίδων, με απώτερο σκοπό τη βελτιστοποίηση της ροής των προϊόντων, αποφεύγοντας την απώλεια πωλήσεων λόγω έλλειψης διαθέσιμων αγαθών και εξοικονομώντας πόρους μέσω του περιορισμού των πλεοναζόντων αποθεμάτων και της αυτοματοποιημένης διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το έργο αναπτύσσεται πάνω σε τρεις βασικούς πυλώνες, οι οποίοι είναι α) η πρόβλεψη ζήτησης, β) ο σχεδιασμός της εφοδιαστικής αλυσίδας και γ) οι οπτικοποιήσεις και η διαχείριση ρίσκου.

Στα πλαίσια της πρόβλεψης ζήτησης, το έργο θα υλοποιήσει ένα σύστημα το οποίο θα κάνει προβλέψεις για τη μελλοντική ζήτηση προϊόντων του πελάτη. Οι προβλέψεις θα στηρίζονται πάνω σε ιστορικά δεδομένα πωλήσεων, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη παράγοντες, όπως η εποχικότητα, οι ελλείψεις αποθεμάτων κλπ. Το έργο θα χρησιμοποιήσει τεχνικές μηχανικής μάθησης αλλά και κλασσικές στατιστικές μεθόδους πρόβλεψης χρονοσειρών, ώστε να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, τόσο από την πλευρά της ποιότητας των προβλέψεων όσο και από την πλευρά της αποδοτικότητας του συστήματος. Παράλληλα, θα δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να αξιολογήσει τις προβλέψεις και να τροποποιήσει τόσο αυτές, όσο και τον τρόπο εξαγωγής τους.

Οι προβλέψεις ζήτησης στη συνέχεια θα οδηγούν το σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, με σκοπό την έγκαιρη εξαγωγή παραγγελιών, ώστε τα αποθέματα να διατηρούνται στο επιθυμητό επίπεδο. Στόχος είναι το παραγόμενο σύστημα να είναι ευέλικτο, παραμετροποιήσιμο, και να ικανοποιεί απαιτήσεις όπως πολλαπλά προϊόντα και προμηθευτές, διαφορετικούς χρόνους αποστολής, περιορισμούς στα μεγέθη των παραγγελιών, ημέρες ζωής, συχνότητες παραγγελίας, επίπεδα αποθεματικών κλπ.

Οι παραπάνω λειτουργικότητες θα παρουσιάζονται στο χρήστη μέσω μίας φιλικής διεπαφής, η οποία θα μπορεί να παρέχει ακριβείς πληροφορίες για την κατάσταση της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω πινάκων και γραφημάτων, να διευκολύνει την παραμετροποίησή της, και να εξάγει αναφορές και προειδοποιήσεις σε σχέση με τη λειτουργία του συστήματος.

Συμπερασματικά, η καινοτομία του αναπτυσσόμενου συστήματος, έγκειται στο ότι θα δώσει σε απλούς χρήστες πρόσβαση σε εξελιγμένα μοντέλα και αλγορίθμους σχεδιασμού της εφοδιαστικής αλυσίδας, παρουσιασμένα μέσα από μία σύγχρονη και φιλική διεπαφή χρήστη, και βασισμένα πάνω σε ευέλικτες αρχιτεκτονικές και γλώσσες υλοποίησης που θα διευκολύνουν τόσο την εγκατάσταση όσο και την καθημερινή τους χρήση.

1.2 Αντικείμενο της Ενότητας Εργασίας

Το παρόν παραδοτέο αποτελεί μέρος της ενότητας εργασίας «ΕΕ2: Υποσύστημα πρόβλεψης ζήτησης». Η συγκεκριμένη ενότητα εργασίας έχει σαν στόχο την ανάπτυξη του υποσυστήματος πρόβλεψης ζήτησης. Στηρίζεται στα αποτελέσματα της ΕΕ1: «Απαιτήσεις, προδιαγραφές, αρχιτεκτονική» από την οποία αντλεί τεχνογνωσία σχετικά με τα μοντέλα και τις πρακτικές που εφαρμόζονται σε προβλήματα πρόβλεψης ζήτησης. Σκοπός της είναι να υλοποιήσει ένα σύστημα το οποίο θα δημιουργεί προβλέψεις για τη ζήτηση πολλαπλών προϊόντων, με διαφορετικούς αλγορίθμους, οι οποίοι θα είναι παραμετροποιήσιμοι, ενώ θα λαμβάνει υπόψη παράγοντες που επηρεάζουν τις πωλήσεις, και θα δίνει τη δυνατότητα αξιοποίησης δεδομένων από παρεμφερή προϊόντα για την εξυπηρέτηση νέων

προϊοντικών γραμμών. Το σύστημα τέλος θα πρέπει να είναι εύχρηστο, ευέλικτο και να ισορροπεί ανάμεσα στην αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα.

1.3 Στόχος του παραδοτέου - Δομή

Στόχος του παρόντος παραδοτέου είναι να καταγράψει τη λειτουργικότητα του αναπτυσσόμενου υποσυστήματος, καταγράφοντας τόσο τις λειτουργίες του, όσο και τον τρόπο υλοποίησής του. Αρχικά, δίνεται μία επισκόπηση του αναπτυσσόμενου συστήματος (κεφ. 2) και περιγράφεται η διεπαφή χρήστη (κεφ. 3). Στη συνέχεια δίνεται μία πιο τεχνική περιγραφή της λειτουργικότητας του συστήματος (κεφ. 4) και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάπτυξή του (κεφ. 5). Το παραδοτέο ολοκληρώνεται με την περιγραφή της διεπαφής (back end API) του συστήματος (κεφ. 6), και της βάσης δεδομένων που έχει χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξή του (κεφ. 7).

2 Επισκόπηση υποσυστήματος

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε στην παρούσα ενότητα εργασίας, έχει ως κεντρικό στόχο τη δημιουργία προβλέψεων ζήτησης για το σύνολο των προϊόντων του χρήστη. Η ανάπτυξή του στηρίχθηκε στην επιστημονική έρευνα που προηγήθηκε πάνω σε μεθόδους πρόβλεψης χρονοσειρών, σε πρακτικές που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία και την ανάλυση παρεμφερών συστημάτων, όπως και στην εμπειρία του φορέα υλοποίησης στην ανάπτυξη αντίστοιχων εμπορικών εφαρμογών. Το συγκεκριμένο υποσύστημα αποτελεί το πρώτο από τα υπόλοιπα του έργου, ενώ τα αποτελέσματά του θα τροφοδοτούν το υποσύστημα σχεδιασμού της εφοδιαστικής αλυσίδας, που έπεται. Τα κύρια χαρακτηριστικά του υποσυστήματος πρόβλεψης ζήτησης μπορούν να συνοψισθούν στα παρακάτω:

Αλγόριθμος ανά προϊόν: το σύστημα υποστηρίζει τη δημιουργία προβλέψεων για πολλαπλά προϊόντα, και υλοποιεί διαφορετικούς αλγορίθμους πρόβλεψης. Δίνει παράλληλα τη δυνατότητα χρήσης διαφορετικού αλγορίθμου για κάθε προϊόν, ώστε να μπορεί να επιλεγεί αυτός που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα σε κάθε περίπτωση.

Παραμετροποίηση αλγορίθμων: Οι αλγόριθμοι πρόβλεψης συχνά έχουν αρκετές παραμέτρους, ώστε να μπορούν να προσαρμόζονται καλύτερα στα ιστορικά δεδομένα και να βελτιώνουν τις προβλέψεις τους. Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα τροποποίησης των παραμέτρων αυτών από το χρήστη, ώστε να μπορεί να επιτύχει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα για κάθε προϊόν ξεχωριστά. Ταυτόχρονα, το σύστημα διαθέτει και αλγορίθμους οι οποίοι βελτιστοποιούν αυτόματα τις τιμές των παραμέτρων τους, ελαχιστοποιώντας έτσι την παρέμβαση του χρήστη, αυξάνοντας όμως κατ' αυτόν τον τρόπο το κόστος εκπαίδευσης.

Αξιολόγηση αλγορίθμων: Το σύστημα προσφέρει για κάθε εφαρμογή ενός αλγορίθμου σε ένα προϊόν, μετρικές (metrics) που αξιολογούν την απόδοση του στα υφιστάμενα δεδομένα. Δίνεται έτσι η ευκαιρία στο χρήστη να αξιολογήσει την απόδοση των διαφορετικών αλγορίθμων για κάθε προϊόν.

Σφάλματα προβλέψεων: ΟΙ χρησιμοποιούμενοι αλγόριθμοι, εκτός από τις προβλέψεις των μελλοντικών πωλήσεων, δίνουν και ένα εύρος σφάλματος πάνω σε αυτές. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι χρήσιμο στο σχεδιασμό εφοδιαστικής αλυσίδας, και συγκεκριμένα κατά την εξαγωγή των αποθεμάτων ασφαλείας, όπου εκτός από μία συγκεκριμένη τιμή πρόβλεψης ζήτησης, χρειάζεται και μία εκτίμηση του σφάλματος γύρω από αυτή.

Γραφική αναπαράσταση προβλέψεων: Οι προβλέψεις του συστήματος δίνονται στο χρήστη με τη μορφή πίνακα, αλλά και με τη μορφή γραφικής παράστασης, για καλύτερη εποπτεία. Η γραφική

παράσταση είναι επίσης διαδραστική, ώστε να μπορεί ο χρήστης να εστιάσει στα σημεία που τον ενδιαφέρουν περισσότερο και να εξάγει την πληροφορία που αναζητεί.

Εποχικότητα δεδομένων: Τα δεδομένα πωλήσεων έχουν συχνά εποχικό χαρακτήρα, μιας και οι πωλήσεις τους μπορεί να παρουσιάζουν διακυμάνσεις ανάλογα με την εποχή του χρόνου. Οι χρησιμοποιούμενοι αλγόριθμοι μπορούν να λάβουν υπόψη το χαρακτηριστικό αυτό βελτιώνοντας έτσι τις προβλέψεις τους. Ταυτόχρονα, δίνεται η δυνατότητα απενεργοποίησης του χαρακτηριστικού αυτού, για προϊόντα των οποίων οι πωλήσεις δεν παρουσιάζουν εποχική διακύμανση.

Ελλείψεις αποθέματος: Το σύστημα λαμβάνει υπόψη του τις μέρες κατά τις οποίες κάποιο προϊόν δεν είναι διαθέσιμο προς πώληση (μηδενικό απόθεμα). Με τον τρόπο αυτό, αναπροσαρμόζει τα δεδομένα των πωλήσεων, ώστε να βρίσκονται πιο κοντά στις τιμές που θα είχαν αν το προϊόν ήταν συνεχώς διαθέσιμο.

Παρεμφερή προϊόντα: Στην περίπτωση που τα δεδομένα πωλήσεων ενός προϊόντος δεν επαρκούν για τη δημιουργία προβλέψεων ζήτησης, το σύστημα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να συνδέσει το εν λόγω προϊόν με κάποιο άλλο προϊόν το οποίο έχει παρεμφερές προφίλ πωλήσεων. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να δημιουργηθούν προβλέψεις πωλήσεων και για νεοεισερχόμενα προϊόντα, χωρίς ιστορικό πωλήσεων.

Παράλληλα με τα παραπάνω σημεία, τα οποία αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά του υποσυστήματος, έχει υλοποιηθεί και ένας μηχανισμός δημιουργίας παραγγελιών, πάνω στις οποίες εφαρμόζεται η λειτουργικότητα των προβλέψεων. Έτσι το σύστημα συλλέγει δεδομένα πωλήσεων για όλα τα προϊόντα, και τα ομαδοποιεί ανά προμηθευτή. Μέσω παραμετροποίησης, επιλέγεται επίσης η ημερομηνία για την οποία θα εξαχθεί η παραγγελία, το χρονικό διάστημα από το οποίο θα συλλεχθούν τα ιστορικά δεδομένα για τη δημιουργία των προβλέψεων, και ο χρονικός ορίζοντας για τον οποίο θα γίνουν οι προβλέψεις αυτές. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται προτεινόμενες παραγγελίες, οι οποίες όμως βρίσκονται στο αρχικό στάδιο, δηλαδή αυτό της πρόβλεψης ζήτησης. Στη συνέχεια του έργου, και κατά το σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι προβλέψεις αυτές θα μετατρέπονται σε ποσότητες παραγγελίας, βάσει των υφισταμένων περιορισμών, και θα δίνονται στο χρήστη προς έγκριση.

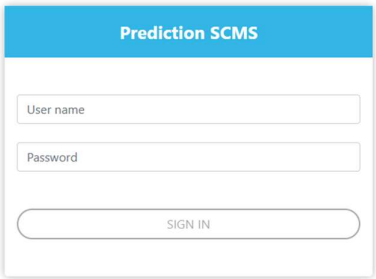
Κατά συνέπεια, το υφιστάμενο σύστημα εμπεριέχει μία πρωτόλεια λειτουργικότητα δημιουργίας παραγγελιών, ώστε να εξυπηρετούνται οι ανάγκες του υποσυστήματος πρόβλεψης ζήτησης. Η λειτουργικότητα αυτή θα επεκταθεί και θα ολοκληρωθεί με την προσθήκη του υποσυστήματος σχεδιασμού εφοδιαστικής αλυσίδας. Το ίδιο ισχύει και για άλλα τμήματα του συστήματος, όπως η βάση δεδομένων ή η διεπαφή χρήστη, οι οποίες θα επαυξάνονται και θα οριστικοποιούνται καθώς η ανάπτυξη του έργου εξελίσσεται.

3 Περιγραφή διεπαφής χρήστη

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε την διεπαφή χρήστη, και μέσω αυτής περιγράφεται και η βασική λειτουργικότητα του υποσυστήματος. Η κύρια οθόνη διεπαφής είναι αυτή των προβλέψεων - παραγγελιών, η οποία πλαισιώνεται από την οθόνη λίστας παραγγελιών, τη σελίδα εισόδου και το μενού πλοήγησης. Ξεκινάμε με τη σελίδα εισόδου η οποία είναι η πρώτη που εμφανίζεται όταν ο χρήστης ανοίγει την εφαρμογή.

3.1 Σελίδα εισόδου

Η πρώτη σελίδα που εμφανίζεται στο χρήστη κατά την είσοδό του στην εφαρμογή, είναι η σελίδα εισόδου (Εικ. 1). Με την εισαγωγή των στοιχείων χρήστη (όνομα, κωδικός πρόσβασης) ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή.



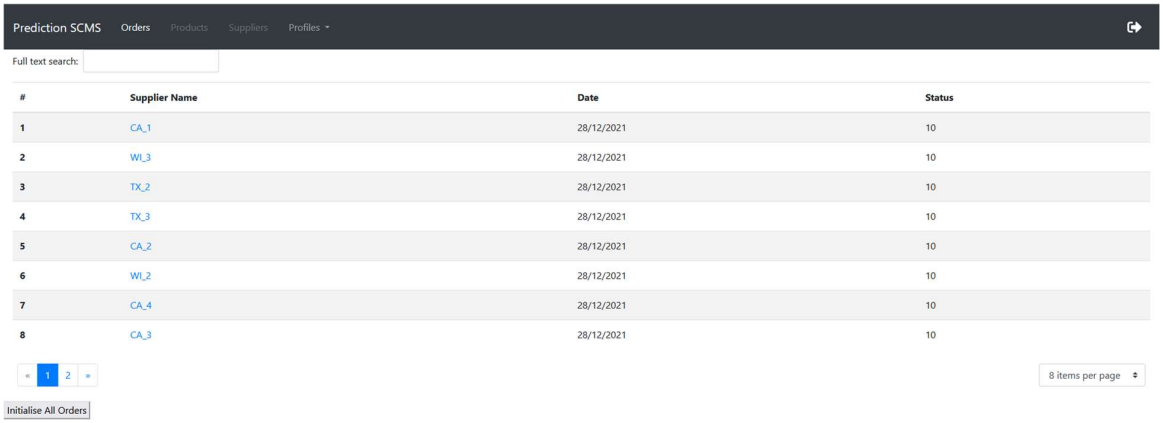
Εικ. 1 Οθόνη αυθεντικοποίησης χρήστη

Το σύστημα υποστηρίζει την αυθεντικοποίηση χρήστη για την είσοδο στην εφαρμογή. Παράλληλα η λειτουργικότητα του back end είναι ασφαλισμένη με τη μέθοδο των JSON Web Tokens (JWT), ώστε να μην επιτρέπεται πρόσβαση στις λειτουργικότητες της εφαρμογής σε χρήστες που δεν έχουν τα απαραίτητα δικαιώματα.

3.2 Λίστα παραγγελιών

Η οθόνη λίστας παραγγελιών (Εικ. 2), δείχνει τις τρέχουσες παραγγελίες ανά προμηθευτή, την ημερομηνία δημιουργίας, και την κατάσταση. Στο τρέχον στάδιο υλοποίησης, το σύστημα εμφανίζει μία παραγγελία ανά προμηθευτή, η οποία περιέχει όλα τα προϊόντα τα οποία αυτός προμηθεύει. Όλες οι παραγγελίες βρίσκονται στο στάδιο 'Προσωρινή', εφόσον για τη μετάβασή τους στα μετέπειτα στάδια απαιτείται η ανάπτυξη των επόμενων υποσυστημάτων του έργου. Ταυτόχρονα, υπάρχει και κουμπί δημιουργίας παραγγελιών, το οποίο αρχικοποιεί όλες τις παραγγελίες. Η λειτουργικότητα αυτή είναι βοηθητική, και εξυπηρετεί στην αρχικοποίηση του συστήματος, ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν οι τεχνικές πρόβλεψης ζήτησης. Πατώντας πάνω σε μία παραγγελία, ο χρήστης μεταβαίνει στην οθόνη προβλέψεων - παραγγελιών, όπου ο χρήστης μπορεί να δει αναλυτικά τα στοιχεία των προβλέψεων για κάθε προϊόν. Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, η συγκεκριμένη οθόνη είναι σε πρωτόλεια μορφή, και τα χαρακτηριστικά της θα επαυξηθούν με την προσθήκη των υπολοίπων υποσυστημάτων του έργου.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Εικ. 2 Οθόνη παραγγελιών

3.3 Προβλέψεις - παραγγελίες

Η οθόνη προβλέψεων-παραγγελιών (Εικ. 3), είναι η βασική διεπαφή χρήστη του παρόντος υποσυστήματος. Αν και αναμένεται να προστεθούν λειτουργικότητες με την προσθήκη του υποσυστήματος σχεδιασμού εφοδιαστικής αλυσίδας (ΕΕ3) και της ολοκλήρωσης της διεπαφής χρήστη (ΕΕ4), ή συγκεκριμένη οθόνη παρέχει όλες τις πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία του υποσυστήματος πρόβλεψης ζήτησης, και επιτρέπει την παραμετροποίησή του από το χρήστη.

Τα βασικά στοιχεία της είναι το μενού πλοήγησης στα προϊόντα της παραγγελίας, η γραφική απεικόνιση των πωλήσεων και των προβλέψεών τους, η απεικόνισή τους σε μορφή λογιστικού φύλλου, το πάνελ παραμετροποίησης, και η μπάρα εργαλείων. Το μέγεθος του κάθε στοιχείου μπορεί να μεταβληθεί ώστε να διευκολύνει τη χρήση του συστήματος. Προχωράμε στην περιγραφή του καθενός από τα παραπάνω στοιχεία.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Εικ. 3 Οθόνη προβλέψεων-παραγγελιών: Η σκιασμένη περιοχή από τον 6/15 και μετά αποτελεί τον ορίζοντα προβλέψεων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα πωλήσεων και για το εν λόγω διάστημα μιας και πρόκειται για δοκιμαστικά δεδομένα.

3.3.1 Πλοήγηση

Το μενού πλοήγησης βρίσκεται στα αριστερά της οθόνης και περιέχει όλα τα προϊόντα τα οποία ανήκουν στη συγκεκριμένη παραγγελία. Με την επιλογή ενός από αυτά, τα στοιχεία του εμφανίζονται στα υπόλοιπα μέρη της οθόνης.

3.3.2 Γραφική απεικόνιση

Στο κεντρικό στοιχείο της οθόνης εμφανίζονται με τη μορφή γραφικής παράστασης τα στοιχεία πωλήσεων του προϊόντος το οποίο έχει επιλεχθεί. Στην περίπτωση που υπάρχουν προβλέψεις πωλήσεων για το προϊόν αυτό, αυτές εμφανίζονται στην ίδια γραφική παράσταση. Συγκεκριμένα εμφανίζονται

- οι εκτιμήσεις του μοντέλου για τα ιστορικά δεδομένα πωλήσεων. Αυτές παρέχουν μία εικόνα του «model fit”, δηλαδή της αξιοπιστίας με την οποία το μοντέλο μπορεί να ερμηνεύσει τα ιστορικά δεδομένα.
- οι προβλέψεις του μοντέλου για τον ορίζοντα πρόβλεψης
- το εκτιμώμενο σφάλμα γύρω από αυτές τις προβλέψεις.

Η γραφική παράσταση είναι διαδραστική: ο χρήστης μπορεί να δει τις ακριβείς τιμές ενός μεγέθους βάζοντας τον κέρσορα σε ένα σημείο του γραφήματος, ενώ υπάρχει η δυνατότητα να εστιάσει (zoom) σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της γραφικής παράστασης, ώστε να μελετήσει με ακρίβεια τα συγκεκριμένα δεδομένα.

3.3.3 Πίνακας τιμών

Στο κάτω μέρος της οθόνης δίνονται σε μορφή λογιστικού φύλλου δεδομένα γύρω από την παραγγελία του συγκεκριμένου προϊόντος. Αυτά περιλαμβάνουν τις πωλήσεις, τις εκτιμήσεις/προβλέψεις, το σφάλμα προβλέψεων και τις μέρες έλλειψης πωλήσεων ανά μήνα.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

3.3.4 Ρυθμίσεις

Στη δεξιά πλευρά της οθόνης βρίσκεται το μενού παραμετροποίησης των προβλέψεων. Αυτό αποτελείται από την καρτέλα του μοντέλου, και από την καρτέλα των συνδεδεμένων προϊόντων.

Στην πρώτη καρτέλα, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τον αλγόριθμο πάνω στον οποίο θα βασιστούν οι προβλέψεις για το συγκεκριμένο προϊόν. Επιλέγοντας τον αλγόριθμο, εμφανίζεται και μία σειρά από πεδία τα οποία περιέχουν τις παραμέτρους του μοντέλου οι οποίες μπορούν να μεταβληθούν από το χρήστη, ώστε βελτιωθεί η εφαρμογή του μοντέλου στα συγκεκριμένα ιστορικά δεδομένα πωλήσεων. Με την εφαρμογή ενός μοντέλου, εμφανίζονται και οι μετρικές αξιολόγησης, οι οποίες εκτιμούν την επιτυχία προσαρμογής του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Στη δεύτερη καρτέλα, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη χρήση ιστορικών δεδομένων ενός δεύτερου προϊόντος για την εξαγωγή προβλέψεων πωλήσεων του τρέχοντος. Έτσι, μπορεί να δημιουργήσει προβλέψεις για προϊόντα χωρίς ιστορικό πωλήσεων, εφόσον κρίνει ότι αυτές θα ακολουθήσουν την πορεία του συνδεδεμένου προϊόντος.

3.3.5 Μπάρα εργαλείων

Στο πάνω μέρος της οθόνης βρίσκεται μία μπάρα εργαλείων, η οποία θα φιλοξενήσει στοιχεία τα οποία επεκτείνουν τη λειτουργικότητα της συγκεκριμένης οθόνης. Επί του παρόντος, αυτή περιέχει ένα κουμπί 'ενημέρωσης' το οποίο εκτελεί τους υπολογισμούς για το συγκεκριμένο προϊόν, με βάση τις παραμέτρους που έχει επιλέξει ο χρήστης στις ρυθμίσεις, και ενημερώνει τα υπόλοιπα στοιχεία της οθόνης ανάλογα.

3.4 Μενού πλοήγησης

Η διεπαφή χρήστη ολοκληρώνεται με το μενού πλοήγησης το οποίο βρίσκεται στο πάνω μέρος της οθόνης. Αυτό περιλαμβάνει σύνδεσμο μετάβασης στην οθόνη λίστας παραγγελιών, και πρόκειται να συμπληρωθεί με συνδέσμους για τη μετάβαση σε άλλα μέρη της εφαρμογής, όπως, ιστορικό, προϊόντα, ρυθμίσεις κλπ.

4 Περιγραφή λειτουργικότητας

Στην ενότητα αυτή παραθέτουμε τεχνικές λεπτομέρειες της υλοποίησης του υποσυστήματος

4.1 Περιγραφή δεδομένων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του υποσυστήματος προέρχονται από το διαγωνισμό πρόβλεψης ζήτησης M5 [1]. Τα δεδομένα αφορούν πωλήσεις σε ένα διάστημα 6.5 ετών, από το 2011 ως το 2016 για περισσότερα από 10000 προϊόντα. Τα δεδομένα δεν περιέχουν πληροφορίες για τον προμηθευτή, περιέχουν όμως πληροφορία για το σημείο πώλησης. Για το λόγο αυτό, έγινε η παραδοχή ότι κάθε σημείο πώλησης τροφοδοτείται από ένα προμηθευτή, ή οποία παρόλο που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα, δημιουργεί τεχνητά την ιεραρχία προμηθευτή-προϊόντος, η οποία απαιτείται από το σύστημα για να εξαχθούν παραγγελίες. Ο λόγος χρήσης του συγκεκριμένου σετ δεδομένων ήταν ο μεγάλος όγκος του ο οποίος δίνει πλούσια πληροφορία για την αξιολόγηση εναλλακτικών μοντέλων πρόβλεψης. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα πωλήσεων από υφιστάμενους πελάτες του φορέα υλοποίησης, τα οποία ήταν πιο περιορισμένα σε έκταση.

Τα δεδομένα πωλήσεων αθροίζονται ανά μήνα, και αυτή είναι η χρονική μονάδα πάνω στην οποία λειτουργούν οι αλγόριθμοι πρόβλεψης. Η επιλογή αυτή έγινε επειδή μειώνει τον όγκο των δεδομένων (π.χ. αριθμός εγγραφών στη βάση), αλλά και το χρόνο εξαγωγής των προβλέψεων, ενώ ταυτόχρονα

διατηρεί τα εποχικά χαρακτηριστικά των δεδομένων, τα οποία περιέχουν σημαντική πληροφορία για τις μελλοντικές πωλήσεις. Η στρατηγική αυτή παρατηρήθηκε και σε αντίστοιχα εμπορικά συστήματα που έχουν μελετηθεί.

4.2 Αλγόριθμοι πρόβλεψης

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε τους αλγόριθμους πρόβλεψης που υλοποιήθηκαν, τις δυνατότητες παραμετροποίησής τους, και θα παραθέσουμε κάποια στοιχεία αξιολόγησης που προέκυψαν κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του συστήματος.

4.2.1 Εκθετική εξομάλυνση

Πρόκειται για ένα αλγόριθμο [2] [3] [4] που ανήκει στην κατηγορία των κλασσικών στατιστικών μεθόδων, ο οποίος είναι γρήγορος στην εφαρμογή του και προσφέρει αρκετές δυνατότητες παραμετροποίησης. Τα αποτελέσματά του είναι επίσης αρκετά ικανοποιητικά, ενώ η υλοποίηση που χρησιμοποιήθηκε προσφέρει αυτόματα εκτίμηση του σφάλματος των προβλέψεων.

Οι παραμετροποιήσεις που παρέχονται αφορούν τη χρήση ή όχι εποχικότητας, με δυνατότητα επιλογής της περιόδου, την χρήση ή όχι τάσης (trend) στα δεδομένα, η οποία μπορεί να έχει και απόσβεση (damped trend), και η χρήση του μετασχηματισμού Box-Cox, για την περίπτωση ετεροσκεδαστικών δεδομένων, δηλαδή δεδομένων μεταβλητής διακύμανσης. Η υλοποίηση που έγινε υποστηρίζει επίσης τη δημιουργία προβλέψεων και στην περίπτωση εξαιρετικά μικρού αριθμού δεδομένων (π.χ. < 10 σημεία), με περιορισμένη φυσικά δυνατότητα πρόβλεψης.

4.2.2 Αυτόματη εκθετική εξομάλυνση

Ο αλγόριθμος αυτός είναι ίδιος με αυτόν της προηγούμενης περίπτωσης, η υλοποίησή του όμως επιτρέπει την αυτόματη επιλογή των παραμέτρων, οι οποίες στην προηγούμενη περίπτωση ορίζονται από το χρήστη. Η αυτοματοποίηση αυτή φυσικά σημαίνει και μεγαλύτερο χρόνο εκτέλεσης, ο οποίος απαιτείται για να βρεθούν οι βέλτιστες τιμές των παραμέτρων. Οι προβλέψεις του αλγορίθμου αυτού είναι σχετικά πιο ακριβείς, έρχονται όμως με μεγαλύτερο υπολογιστικό κόστος, το οποίο στην περίπτωση μεγάλου αριθμού προϊόντων μπορεί να επιβραδύνει αισθητά τη λειτουργία του συστήματος. Η παραμετροποίηση που προσφέρεται στο συγκεκριμένο αλγόριθμο αφορά τη χρήση ή μη εποχικότητας στην ανάλυση των δεδομένων.

4.2.3 AutoARIMA

Η συγκεκριμένη υλοποίηση αφορά το γνωστό αλγόριθμο ARIMA [5], ενώ ο υπολογισμός των παραμέτρων γίνεται με αυτοματοποιημένο τρόπο, όπως και στην περίπτωση της αυτόματης εκθετικής εξομάλυνσης, με την εξαίρεση της εποχικότητας. Συνολικά οι δύο αυτοί αλγόριθμοι δίνουν παραπλήσια αποτελέσματα, και έχουν αντίστοιχες υπολογιστικές απαιτήσεις.

4.2.4 Prophet

Πρόκειται για υλοποίηση του αλγορίθμου Prophet της εταιρείας Facebook [6]. Στηρίζεται στη μέθοδο των Γραμμικών Γενικευμένων Μοντέλων, (Generalised Linear Models, GLM), και ως εκ' τούτου θα τον κατατάσσαμε στις κλασσικές στατιστικές μεθόδους. Έχει τη δυνατότητα να μοντελοποιήσει μη γραμμικές τάσεις (trends), και να συμπεριλάβει εποχικότητα σε ποικίλα επίπεδα, όπως ετήσια, μηνιαία, ή και ημερήσια. Είναι ταυτόχρονα ευσταθής σε περιπτώσεις απότομων αλλαγών στη μέση στάθμη των δεδομένων, σε ελλιπή δεδομένα αλλά στην παρουσία ασυνήθιστων τιμών (outliers). Παρέχει τέλος αυτόματη εκτίμηση του σφάλματος προβλέψεων. Από την εμπειρία χρήσης κατά την ανάπτυξη της

εφαρμογής, προέκυψε ότι οι υπολογιστικές του απαιτήσεις είναι παραπλήσιες με αυτές των μεθόδων AutoETS και AutoARIMA, ενώ οι προβλέψεις του είναι αντίστοιχης ακρίβειας.

4.2.5 Νευρωνικά δίκτυα

Η εφαρμογή υλοποιεί μεθόδους πρόβλεψης βασισμένες σε νευρωνικά δίκτυα, και συγκεκριμένα σε επαναληπτικά νευρωνικά δίκτυα (Recursive Neural Networks, RNN) [7]. Συγκεκριμένα, υλοποιεί 3 τύπους επαναληπτικών δικτύων, το βασικό RNN, το Long-Short Term Memory (LSTM), και το Gated Recurrent Unit (GRU). Οι δύο τελευταίοι τύποι βρέθηκαν να δίνουν κάπως πιο ακριβείς προβλέψεις, σε σχέση με το πρώτο.

Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν ένα αρκετά μεγάλο πλήθος παραμέτρων που μπορεί να οριστεί από το χρήστη, και η εφαρμογή παρέχει τη δυνατότητα ρύθμισης κάποιων από τις σημαντικότερες εξ' αυτών. Συγκεκριμένα, ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει τα

- Εποχές (epochs), ο αριθμός επαναλήψεων κατά την εκπαίδευση: περισσότερες εποχές οδηγούν σε μεγαλύτερη ακρίβεια στην ερμηνεία των ιστορικών δεδομένων (model fit), αλλά μπορεί και να επιδεινώσουν την προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου (overfit).
- Μέγεθος κρυφών νευρώνων (hidden size): Ο μεγάλος αριθμός κρυφών νευρώνων αυξάνει την ευελιξία του μοντέλου, αλλά απαιτεί και περισσότερα δεδομένα για την εκπαίδευσή του.
- Ρυθμός μάθησης (learning rate): Μικρός ρυθμός μάθησης απαιτεί πολλές εποχές για να εκπαιδευτεί σωστά το μοντέλο, ενώ αν ο ρυθμός είναι μεγάλος, το δίκτυο μπορεί να οδηγηθεί σε αστάθεια.
- Μέγεθος ακολουθίας (sequence length): οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης, όπως τα νευρωνικά δίκτυα, εκπαιδεύονται χρησιμοποιώντας τις n τελευταίες προβλέψεις για να προβλέψουν την επόμενη. Το μέγεθος ακολουθίας αντιπροσωπεύει την παράμετρο n. Σε δεδομένα με έντονα εποχικό χαρακτήρα, συστήνεται η παράμετρος να είναι τουλάχιστον ίση με 12, ώστε να υπάρχει ένας πλήρης ετήσιος κύκλος (12 μήνες) στα δεδομένα εκπαίδευσης. Παρόλο που θεωρητικά αυξάνοντας περαιτέρω το μέγεθος της ακολουθίας θα μπορούσε να βελτιωθεί και η προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου, αυτό θα απαιτούσε μεγαλύτερη ποσότητα ιστορικών δεδομένων για την εκπαίδευση, η οποία μπορεί να μην είναι πάντοτε διαθέσιμή.

Τα νευρωνικά δίκτυα παρουσιάζουν εξαιρετικές επιδόσεις σε προβλήματα τα οποία έχουν μεγάλο αριθμό δεδομένων. Στην περίπτωσή μας, ο αριθμός ιστορικών δεδομένων πωλήσεων δεν ξεπερνά τις μερικές δεκάδες. Στην περίπτωση αυτή βρέθηκε ότι οι κλασσικοί στατιστικοί αλγόριθμοι τείνουν να έχουν καλύτερες επιδόσεις, πιθανότατα γιατί πρόκειται για πιο περιορισμένα (constrained) μοντέλα, που είναι όμως εξειδικευμένα στις χρονοσειρές. Σε αντίστοιχα συμπεράσματα κατέληξε και η μελέτη [8].

Παράλληλα, οι μέθοδοι μηχανικής μάθησης, δεν έχουν κάποιον αυτοματοποιημένο τρόπο για τη δημιουργία προβλέψεων για χρονικό ορίζοντα μεγαλύτερο του ενός βήματος (π.χ. πρόβλεψη για τον επόμενο μήνα). Ένας τρόπος να αποκτηθούν προβλέψεις για χρονικούς ορίζοντες μεγαλύτερους του ενός, είναι η εκπαίδευση περισσοτέρων του ενός μοντέλων (ή ενός μεγαλύτερου μοντέλου το οποίο θα περιλαμβάνει τα επιμέρους), τα οποία θα κάνουν προβλέψεις αποκλειστικά για 1,2 ή και περισσότερους μήνες, ανάλογα με τις απαιτήσεις του προβλήματος. Η στρατηγική αυτή αυξάνει τις απαιτήσεις στον αριθμό των διαθέσιμων δεδομένων, αλλά και το χρόνο εκπαίδευσης λόγω του μεγαλύτερου αριθμού μοντέλων που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Μία εναλλακτική στρατηγική χαμηλότερου κόστους, η λεγόμενη επαναληπτική, είναι η εκπαίδευση ενός μόνο μοντέλου το οποίο θα δίνει προβλέψεις ενός βήματος. Οι προβλέψεις αυτές στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία προβλέψεων για το δεύτερο βήμα κ.ο.κ. Αυτή είναι η στρατηγική που επιλέχθηκε προς υλοποίηση στην πλατφόρμα.

Τέλος, οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης δεν έχουν κάποιο ενσωματωμένο μηχανισμό εκτίμησης των σφαλμάτων πρόβλεψης, όπως συμβαίνει με τους στατιστικούς αλγορίθμους, αν και γίνονται προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση π.χ. [9]. Για τους σκοπούς της παρούσης πλατφόρμας, μία εκτίμηση του σφάλματος πρόβλεψης δίνεται από το σφάλμα πρόβλεψης των ιστορικών δεδομένων (model fit), μέθοδος που αν και δεν θεωρείται βέλτιστη από στατιστικής απόψεως, παρέχει μία εκτίμηση για το εύρος των προβλεπόμενων προβλέψεων.

4.2.6 Μέθοδος δένδρων

Η πλατφόρμα υλοποιεί επίσης μεθόδους δένδρων, που στηρίζονται στην τεχνική Boost [10]. Πρόκειται για μια ακόμα μέθοδο από την κατηγορία της μηχανικής μάθησης, και ως εκ τούτου, οι παρατηρήσεις οι οποίες έγιναν για τις μεθόδους της κατηγορίας αυτής στην περίπτωση των νευρωνικών δικτύων ισχύουν και εδώ. Η συγκεκριμένη μέθοδος τείνει να έχει μικρότερο υπολογιστικό κόστος από τα νευρωνικά δίκτυα, με τις προβλέψεις της να είναι κατά τι ακριβέστερες.

Η τεχνική Boost, δημιουργεί μεγάλο αριθμό δένδρων, με τρόπο σειριακό, ώστε το κάθε νέο δένδρο που προστίθεται στο μοντέλο να επιχειρεί να βελτιώσει τις αστοχίες των προηγούμενων. Έχει παρατηρηθεί ότι ένα μοντέλο με μεγάλο αριθμό απλών δένδρων (λ.χ. μικρού βάθους και λίγων φύλλων), μπορεί να έχει καλύτερες προβλεπτικές ικανότητες από λιγότερα αλλά μεγαλύτερα δένδρα. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στο ότι η τεχνική Boost, σε συνδυασμό με την επιλεκτική χρήση των δεδομένων εισόδου, δημιουργεί δένδρα τα οποία είναι ασυσχέτιστα μεταξύ τους, με συνέπεια να μειώνεται η πόλωση (bias) των προβλέψεων οι οποίες γίνονται έτσι συνολικά ακριβέστερες.

Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει επίσης μεγάλο αριθμό παραμέτρων ρυθμιζόμενων από το χρήστη, και η εφαρμογή επιτρέπει την τροποποίηση μερικών από τις βασικότερες. Συγκεκριμένα

- Ρυθμός μάθησης (learning rate): Μικρός ρυθμός μάθησης απαιτεί τη δημιουργία πολλών δένδρων για να εκπαιδευτεί σωστά το μοντέλο, ενώ αν ο ρυθμός είναι μεγάλος, η ακρίβεια των προβλέψεων μπορεί να ελαττωθεί.
- Μέγιστος αριθμός δένδρων (num_boost_round): μεγάλος αριθμός δένδρων μπορεί να μοντελοποιήσει με ακρίβεια πιο σύνθετα δεδομένα. Στην περίπτωση μη αρκετών δεδομένων εκπαίδευσης όμως, αυτό μπορεί να επιδεινώσει την ποιότητα των προβλέψεων (overfitting).
- Μέγιστο Βάθος Δένδρου (max depth). Μεγαλώνοντας το βάθος του δένδρου μπορούμε να μοντελοποιήσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια τα δεδομένα, αν και η τεχνική Boost συνιστά μικρότερα δένδρα και μεγαλύτερο αριθμό δένδρων ανά μοντέλο.
- Μέγιστος αριθμός φύλλων (num_leaves): ισχύει ότι και για το Μέγιστο Βάθος Δένδρου
- Πρόωρη λήξη (early_stopping_rounds): Σε περίπτωση που η απόδοση του μοντέλου δε βελτιώνεται με την προσθήκη νέων δένδρων, ο αλγόριθμος σταματάει πριν επιτευχθεί ο προκαθορισμένος μέγιστος αριθμός δένδρων. Η παράμετρος καθορίζει τον αριθμό των δένδρων που πρέπει να προστεθούν χωρίς να παρατηρηθεί βελτίωση ώστε να τερματιστεί ο αλγόριθμος. Η παράμετρος αυτή μπορεί να οδηγήσει σε μικρότερα μοντέλα (λ.χ. με μικρότερο αριθμό δένδρων), που έχουν όμως την ίδια προβλεπτική ικανότητα με αντίστοιχα μεγαλύτερα.
- Μέγεθος ακολουθίας (sequence length): Ισχύει ό,τι και στην περίπτωση των νευρωνικών δικτύων

4.3 Ελλείψεις προϊόντων

Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της έλλειψης αποθέματος στις πωλήσεις. Η υλοποίηση στηρίζεται στην παραδοχή ότι ο αριθμός των πωλήσεων ανά μήνα μειώνεται αν το προϊόν βρίσκεται σε έλλειψη, και προσπαθεί να εκτιμήσει τον αριθμό των πωλήσεων που θα γινόταν αν υπήρχε επάρκεια αποθέματος. Τα δεδομένα που χρησιμοποιεί για την εκτίμηση αυτή είναι οι μέρες

έλλειψης αποθέματος, οι οποίες είναι ένας φυσικός αριθμός, ο οποίος μπορεί να κυμαίνεται από 0 (πλήρης επάρκεια) μέχρι 30 (πλήρης έλλειψη). Η εκτίμηση των πωλήσεων που θα γινόταν σε περίπτωση πλήρους επάρκειας, υπολογίζεται αναλογικά με βάση τις καταγεγραμμένες πωλήσεις, και τον αριθμό ημερών έλλειψης. Ο τύπος που υπολογίζει τις πωλήσεις είναι

$$s_f = \frac{30}{30 - \min(d_{oos}, 20)} s_a$$

όπου s_f, είναι ο εκτιμώμενος αριθμός πωλήσεων υπό πλήρη επάρκεια, d_{oos} είναι οι μέρες έλλειψης και s_a ο πραγματικός αριθμός των πωλήσεων στο συγκεκριμένο μήνα. Με τον τρόπο αυτό, οι εκτιμώμενες πωλήσεις είναι ίδιες με τις πραγματικές σε περίπτωση μηδενικών ημερών έλλειψης, και μπορούν να αυξηθούν αναλογικά σύμφωνα με τις μέρες έλλειψης εώς και 300%.

4.4 Παρεμφερή προϊόντα

Το σύστημα παρέχει επίσης τη δυνατότητα εξαγωγής προβλέψεων πώλησης για προϊόντα χωρίς ιστορικό πωλήσεων, όπως για παράδειγμα για νέες προϊοντικές γραμμές. Ο χρήστης μπορεί να συσχετίσει δύο προϊόντα, τα οποία θεωρεί πως έχουν παρόμοιο προφίλ πωλήσεων, και να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα του συνδεδεμένου προϊόντος για να εξάγει προβλέψεις πώλησης για το αρχικό.

4.5 Αυθεντικοποίηση χρήστη

Το σύστημα τέλος, παρέχει τη δυνατότητα αυθεντικοποίησης χρήστη μέσω email και κωδικού πρόσβασης. Υπάρχει παράλληλα η δυνατότητα ασφάλισης των σημείων πρόσβασης (API) του back end, ώστε να βεβαιώνεται ότι ο καλών έχει τα απαραίτητα δικαιώματα πρόσβασης. Αυτού του είδους η αυθεντικοποίηση γίνεται με τη μέθοδο των JSON Web Tokens (JWT). Η υλοποίηση της αυθεντικοποίησης χρήστη βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, και αναμένεται να επεκταθεί με την ολοκλήρωση των υπολοίπων ενοτήτων εργασίας του έργου.

5 Τεχνολογίες ανάπτυξης

Στην ενότητα αυτή θα περιγράψουμε τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής, τόσο για τη διεπαφή χρήστη (front end) όσο και για το κομμάτι του εξυπηρετητή (back end).

5.1 Front end

Η διεπαφή χρήστη υλοποιήθηκε στο περιβάλλον Angular 12 [11]. Το συγκεκριμένο περιβάλλον ανήκει στις δημοφιλέστερες τεχνολογίες διεπαφών χρήστη, έχει ευρεία βάση χρηστών και κοινότητας υποστήριξης, ενώ προάγει τη συγγραφή δομημένου και εύκολα διαχειρίσιμου κώδικά. Να σημειωθεί επίσης ότι ο φορέας υλοποίησης διαθέτει εκτενή εμπειρία και μεγάλο αριθμό έργων ανεπτυγμένο στη συγκεκριμένη τεχνολογία, με συνέπεια να ελαττώνεται ο χρόνος εξοικείωσης της ομάδας έργου με τη συγκεκριμένη τεχνολογία.

Η διεπαφή χρήστη επίσης στηρίχτηκε στην τεχνολογία Bootstrap [12], η οποία δημιουργεί εφαρμογές προσαρμοζόμενες σε διαφορετικά μεγέθη οθόνης (responsive), δημιουργώντας παράλληλα ένα οικείο και ευχάριστο αισθητικό αποτέλεσμα.

Οι γραφικές παραστάσεις της εφαρμογής, αναπτύχθηκαν με τη βιβλιοθήκη Plotly.js [13], η οποία δύναται να παράγει υψηλής ποιότητας και αισθητικής γραφικά, τα οποία είναι επιπλέον διαδραστικά, και επιτρέπουν στο χρήστη να εξερευνήσει σε μεγαλύτερο βάθος τα δεδομένα. Τέλος, για τη

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

δημιουργία πινάκων λογιστικού φύλλου, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη DevExpress [14], η οποία δημιουργεί εύχρηστους, διαδραστικούς και παραμετροποιήσιμους πίνακες.

5.2 Back end

Το συγκεκριμένο έργο έχει έντονη έμφαση στο κομμάτι των δεδομένων, των υπολογισμών και της χρήσης σύγχρονων τεχνικών μηχανικής μάθησης και στατιστικής. Ταυτόχρονα, το κομμάτι του εξυπηρετητή (back end), θα πρέπει να εκτελεί όλες τις λειτουργίες μιας τυπικής web εφαρμογής, όπως επικοινωνία μέσω πρωτοκόλλου Http, APIs, σύνδεση με βάση δεδομένων, αυθεντικοποίηση χρήστη κλπ. Η Python [15] είναι μία γλώσσα η οποία θεωρείται από τις δημοφιλέστερες στην ανάπτυξη εφαρμογών μηχανικής μάθησης και ανάλυσης δεδομένων, με ευρεία βάση χρηστών και πλούσιες βιβλιοθήκες οι οποίες υλοποιούν μεγάλη γκάμα από τους σχετικούς αλγορίθμους. Παράλληλα, διαθέτει βιβλιοθήκες οι οποίες μπορούν να εκτελέσουν όλες τις τυπικές εργασίες ενός back end, όπως APIs, σύνδεσης με βάσεις δεδομένων κλπ. Για τους λόγους αυτούς, αποτέλεσε τη γλώσσα επιλογής για την ανάπτυξη του back end. Στη συνέχεια παραθέτουμε τις βιβλιοθήκες οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των επιμέρους τμημάτων.

Ο εξυπηρετητής αναπτύχθηκε με τη βιβλιοθήκη Flask [16], η οποία είναι ελαφριά αλλά ταυτόχρονα ευέλικτη, επεκτάσιμη, και ιδιαίτερα δημοφιλής για τη δημιουργία APIs. Ταυτόχρονα, υποστηρίζει επεκτάσεις για σύνδεση με τη βάση δεδομένων μέσω της βιβλιοθήκης SQLAlchemy [17], η οποία λειτουργεί παράλληλα και σαν ORM (Object Relational Mapping), απλουστεύοντας τη διάδραση του χρήστη με τη βάση δεδομένων, μέσω της συγγραφής ευανάγνωστου κώδικα.

Σχετικά με το αριθμητικό/υπολογιστικό κομμάτι της εφαρμογής, αυτό στηρίζεται στις βιβλιοθήκες Numpy [18] και Pandas [19] της Python, οποίες αποτελούν τις δημοφιλέστερες επιλογές της συγκεκριμένης γλώσσας για τη εκτέλεση αριθμητικών υπολογισμών και την επεξεργασία δεδομένων σε μορφή πινάκων. Επιπρόσθετα, αποτελούν τη βάση ανάπτυξης των υπολοίπων βιβλιοθηκών υλοποίησης αλγορίθμων πρόβλεψης, που θα περιγράψουμε στη συνέχεια.

Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος εκθετικής εξομάλυνσης, υλοποιείται από το πακέτο StatsModels [20], το οποίο υλοποιεί μεγάλο αριθμό στατιστικών μοντέλων, όχι μόνο πρόβλεψης, αλλά και κατηγοριοποίησης, παλινδρόμησης κ.α. Είναι επίσης αρκετά ώριμο και βρίσκεται διαθέσιμο στις περισσότερες εκδόσεις της Python. Τα υπόλοιπα στατιστικά μοντέλα της εφαρμογής, υλοποιούνται μέσω της βιβλιοθήκης SKTime [21]. Πρόκειται για μία πιο πρόσφατα ανεπτυγμένη βιβλιοθήκη, η οποία εξειδικεύεται στην πρόβλεψη χρονοσειρών, σε αντίθεση με το StatsModels, το οποίο υλοποιεί και άλλες κατηγορίες στατιστικών μοντέλων. Η SKTime κατά συνέπεια υλοποιεί μεγαλύτερο αριθμό μοντέλων πρόβλεψης χρονοσειρών, προσφέρει την αυτόματη ρύθμιση παραμέτρων (AutoETS και AutoArima), ενώ διαθέτει διεπαφές για εξωτερικούς αλγορίθμους, (π.χ. Prophet), οι οποίοι δεν αποτελούν κομμάτι της SKTime, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν μέσω μίας ενιαίας διεπαφής. Παρόλα αυτά, ως νεότερη βιβλιοθήκη η οποία κάνει και χρήση εξωτερικών αλγορίθμων, η εγκατάσταση της SKTime μπορεί να είναι πιο απαιτητική. Για το λόγο αυτό, το σύστημα ανιχνεύει την ύπαρξη της και ειδοποιεί το χρήστη ανάλογα σε περίπτωση που κάποιος από τους υλοποιούμενους αλγόριθμους δεν είναι διαθέσιμος στη συγκεκριμένη εγκατάσταση.

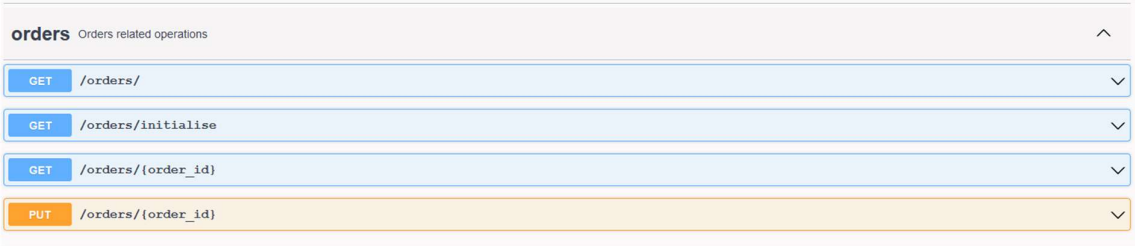
Τέλος, για τους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες PyTorch [22] για τα νευρωνικά δίκτυα, και LightGBM [23] για τις μεθόδους δένδρων. Η PyTorch, υποστηρίζεται από τη Facebook, και είναι μία αρκετά εύχρηστη βιβλιοθήκη νευρωνικών δικτύων, με μεγάλη βάση χρηστών και κοινότητα υποστήριξης. Η βιβλιοθήκη LightGBM, έχει αναπτυχθεί από τη Microsoft, και έχει αποκτήσει τη φήμη της εύχρηστης αλλά και γρήγορης βιβλιοθήκης.

6 Περιγραφή διεπαφής

Η διεπαφή του εξυπηρετητή (API), έχει τέσσερα κύρια σημεία, που αφορούν τις παραγγελίες, τα προϊόντα, τα μοντέλα και την αυθεντικοποίηση χρήστη. Περιγράφουμε αναλυτικότερα κάθε μία από τις παραπάνω ομάδες.

6.1 Διεπαφή παραγγελιών

Οι διεπαφές παραγγελιών φαίνονται στην Εικ. 4.



Εικ. 4 Διεπαφή παραγγελιών

Η πρώτη διεπαφή (GET /orders/) επιστρέφει όλες τις νέες παραγγελίες σε μορφή JSON, με πεδία τα οποία φαίνονται στην Εικ. 5.

Εικ. 5 Δεδομένα GET /orders/

Η διεπαφή GET /orders/initialize/ αρχικοποιεί όλες τις παραγγελίες, και δεν επιστρέφει δεδομένα. Πρόκειται για βοηθητική διεπαφή ή οποία χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση του συστήματος.

Η διεπαφή GET /orders/{order_id}, φέρνει τις απαραίτητες πληροφορίες για την παραγγελία με α/α order_id. Η πληροφορία έρχεται σε μορφή Json, με πεδία που φαίνονται στην Εικ. 6. Πρόκειται για μία εμφωλευμένη (nested) δομή δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει στοιχεία της παραγγελίας όπως ο α/α και το όνομα του προμηθευτή, και παράλληλα όλη την πληροφορία για κάθε είδος της παραγγελίας, όπως πωλήσεις, προβλέψεις, σφάλματα, παράμετροι μοντέλου πρόβλεψης κλπ.

Η διεπαφή PUT /orders/{order_id}, χρησιμεύει για την ενημέρωση των προβλέψεων και των χαρακτηριστικών πρόβλεψης ενός προϊόντος. Η φόρμα εισόδου (input form) και τα επιστρεφόμενα πεδία, ακολουθούν το μοντέλο που βρίσκεται στο πεδίο “Children”, της Εικ. 6 και περιλαμβάνει όλη την πληροφορία για το συγκεκριμένο προϊόν, όπως πωλήσεις, προβλέψεις, σφάλματα, παράμετροι πρόβλεψης κλπ.

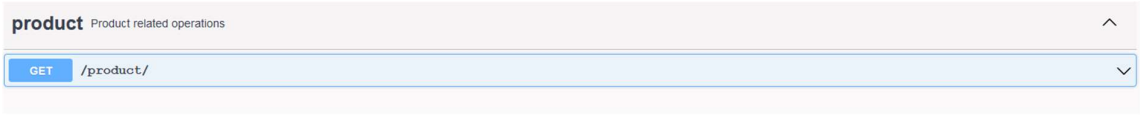
Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

```
[
  {
    "ID": "string",
    "Name": "string",
    "Children": [
      {
        "ID": "string",
        "Name": "string",
        "Data": {
          "Date": [ "datetime" ],
          "Sales": [ "integer" ],
          "Predictions": [ "integer" ],
          "PredError": [ "integer" ],
          "Future": [ "boolean" ],
          "OOSDates": [ "integer" ]
        },
        "Model": {
          "ID": "integer",
          "Name": "string",
          "Parameters": {
            "*": {
              "Param1": "string",
              "Param2": "string",
              "Param3": "string"
            }
          },
          "LinkedProductID": "string"
        },
        "Metrics": {
          "mae": "float",
          "mase": "float",
          "rmse": "float"
        }
      }
    ]
  }
]
```


Εικ. 6 Δεδομένα /orders/{order_id}

6.2 Διεπαφή προϊόντων

Η συγκεκριμένη διεπαφή (GET /product) (Εικ. 7), έχει ως στόχο την ανάγνωση των προϊόντων τα οποία είναι αποθηκευμένα στη βάση. Τα επιστρεφόμενα πεδία είναι ο α/α του προϊόντος, την ονομασία του και ο α/α του προμηθευτή (Εικ. 8).



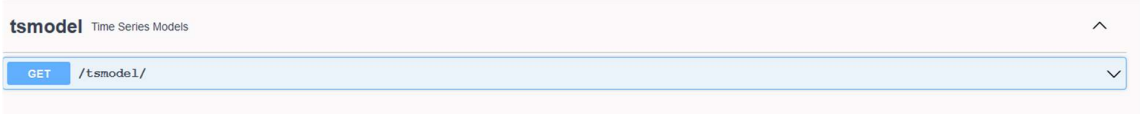
Εικ. 7 Διεπαφή προϊόντων

```
[
  {
    "ID": "string",
    "Name": "string",
    "SupplierID": "integer"
  }
]
```


Εικ. 8 Δεδομένα GET /product/

6.3 Διεπαφή Μοντέλων

Η διεπαφή μοντέλων (GET /tsmodel/) (Εικ. 9), επιστρέφει πληροφορίες για τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα πρόβλεψης χρονοσειρών. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν τον α/α του μοντέλου, το όνομά του, τους τύπους των παραμέτρων του αλλά και τις τιμές τους. Η δομή των επιστρεφόμενων δεδομένων δίνεται στην Εικ. 10.



Εικ. 9 Διεπαφή μοντέλων

6.4 Αυθεντικοποίηση χρήστη

Η διεπαφή αυθεντικοποίησης χρήστη (GET /auth/login) (Εικ. 11), δέχεται σαν φόρμα εισόδου τα πεδία username και password, (το όνομα χρήστη και ο κωδικός πρόσβασης αντίστοιχα). Σε περίπτωση επιτυχούς αυθεντικοποίησης επιστρέφει φόρμα δεδομένων με πεδία που περιλαμβάνουν το όνομα του χρήστη, τον α/α του και το κλειδί πρόσβασης (access token) (Εικ. 12), για την περαιτέρω αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή. Σε περίπτωση αποτυχίας επιστρέφει τα αντίστοιχα μηνύματα σφάλματος.

```
[
  {
    "ID": "integer",
    "Name": "string",
    "ParameterTypes": {
      "*": {
        "Param1": {
          "enum": [ "string" ],
          "default": "string"
        },
        "Param2": {
          "enum": [ "string" ],
          "default": "string"
        },
        "Param3": {
          "enum": [ "string" ],
          "default": "string"
        }
      }
    },
    "Parameters": {
      "*": {
        "Param1": "string",
        "Param2": "string",
        "Param3": "string"
      }
    }
  }
]
```


Εικ. 10 Δεδομένα GET /tsmodel/

Εικ. 11 Διεπαφή αυθεντικοποίησης χρήστη


```
[
  {
    "username": "string",
    "ID": "integer",
    "accessToken": "string"
  }
]
```


Εικ. 12 Δεδομένα POST /auth/login/

7 Βάση δεδομένων

Στην ενότητα αυτή περιγράφουμε τους πίνακες της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιεί η εφαρμογή, και το πώς αυτοί εξυπηρετούν τη λειτουργικότητά της. Οι πίνακες της βάσης είναι σχετικά λίγοι, καθώς είναι οι αναγκαίοι για τη λειτουργία του συγκεκριμένου υποσυστήματος, της πρόβλεψης ζήτησης. Ο αριθμός τους αναμένεται να αυξηθεί καθώς θα προστίθενται στην εφαρμογή και τα υπόλοιπα υποσυστήματα. Το διάγραμμα της βάσης δίνεται στην Εικ. 13.

7.1 Πίνακας προϊόντων (Product)

Ο συγκεκριμένος πίνακας κρατά γενικές πληροφορίες για τα προϊόντα όπως τον α/α τους (ID), το όνομα (Name) και τον α/α του προμηθευτή (SupplierID). Το τελευταίο πεδίο προέρχεται από τον πίνακα προμηθευτών (Supplier).

7.2 Πίνακας προμηθευτών (Supplier)

Ο πίνακας περιέχει τον α/α (ID) και το όνομα του προμηθευτή (Name). Η κύριά του χρησιμότητα στην παρούσα έκδοση είναι να ομαδοποιεί τα προϊόντα και τις παραγγελίες.

7.3 Πίνακας πωλήσεων (Sales)

Ο πίνακας πωλήσεων καταγράφει τις πωλήσεις κάθε προϊόντος, και περιλαμβάνει τα πεδία α/α πώλησης (ID), ημερομηνία (Date), ποσότητα (Quantity) και κωδικός προϊόντος (ProductID). Στην παρούσα έκδοση, ο πίνακας ενημερώνεται χειροκίνητα, ενώ στην τελική έκδοση του προϊόντος η ενημέρωση θα γίνεται αυτόματα με διασύνδεση από το σύστημα αποθήκης/λογιστηρίου.

7.4 Πίνακας αποθεμάτων (Stock)

Ο πίνακας αποθεμάτων, είναι παρεμφερής με τον πίνακα πωλήσεων, και περιέχει τα αποθέματα του κάθε προϊόντος στην αποθήκη καθώς και τις ημέρες έλλειψης. Τα πεδία του είναι ο α/α απογραφής (ID), η ημερομηνία απογραφής (Date), η απογραφόμενη ποσότητα (Quantity), ο κωδικός προϊόντος (ProductID), και οι μέρες έλλειψης αποθέματος (out of stock Dates, OOSDates).

7.5 Πίνακας παραγγελιών (OrderMast)

Ο συγκεκριμένος πίνακας είναι ο κεντρικός (master) πίνακας παραγγελιών, και περιέχει τα πεδία α/α (ID), ημερομηνία εξαγωγής παραγγελίας (Date), κωδικός προμηθευτή (SupplierID), και κατάσταση (Status).

7.6 Πίνακας προβλέψεων (Predictions)

Πρόκειται για κεντρικό πίνακα της εφαρμογής ο οποίος κρατάει τα στοιχεία των προβλέψεων για κάθε προϊόν κάθε παραγγελίας η οποία δεν έχει ακόμα οριστικοποιηθεί. Κάθε εγγραφή του αφορά μία μοναδική τριπλέτα προϊόντος, παραγγελίας και ημερομηνίας. Οι ημερομηνίες είναι επί της ουσίας μήνες, μιας και τα δεδομένα του συγκεκριμένου πίνακα είναι συγκεντρωτικά ανά μήνα. Τα πεδία του πίνακα είναι τα α/α παραγγελίας (OrderID), α/α προϊόντος (ProductID), ο μήνας κίνησης (Date), το απόθεμα (Stock), οι πωλήσεις (Sales), οι ημέρες έλλειψης στο συγκεκριμένο μήνα (OOSDates), η πρόβλεψη (prediction) ή εκτίμηση του των ιστορικών δεδομένων (model fit) (Predictions), οι μεταβολές χρήστη στις προβλέψεις (ModPredictions), το σφάλμα πρόβλεψης (PredError), και μία σημαία που καθορίζει αν η συγκεκριμένη ημερομηνία αφορά πρόβλεψη ή ιστορικά δεδομένα (Future).

7.7 Πίνακας μοντέλων πρόβλεψης (TSModel)

Ο συγκεκριμένος πίνακας περιέχει πληροφορίες για τα χρησιμοποιούμενα μοντέλα πρόβλεψης. Αυτές είναι ο α/α (ID), το όνομα του μοντέλου (Name), οι παράμετροι του (Parameters) και οι τύποι παραμέτρων με τις αποδεκτές τιμές τους (ParameterTypes)

7.8 Πίνακας μοντέλων - προϊόντων (TSModelProduct)

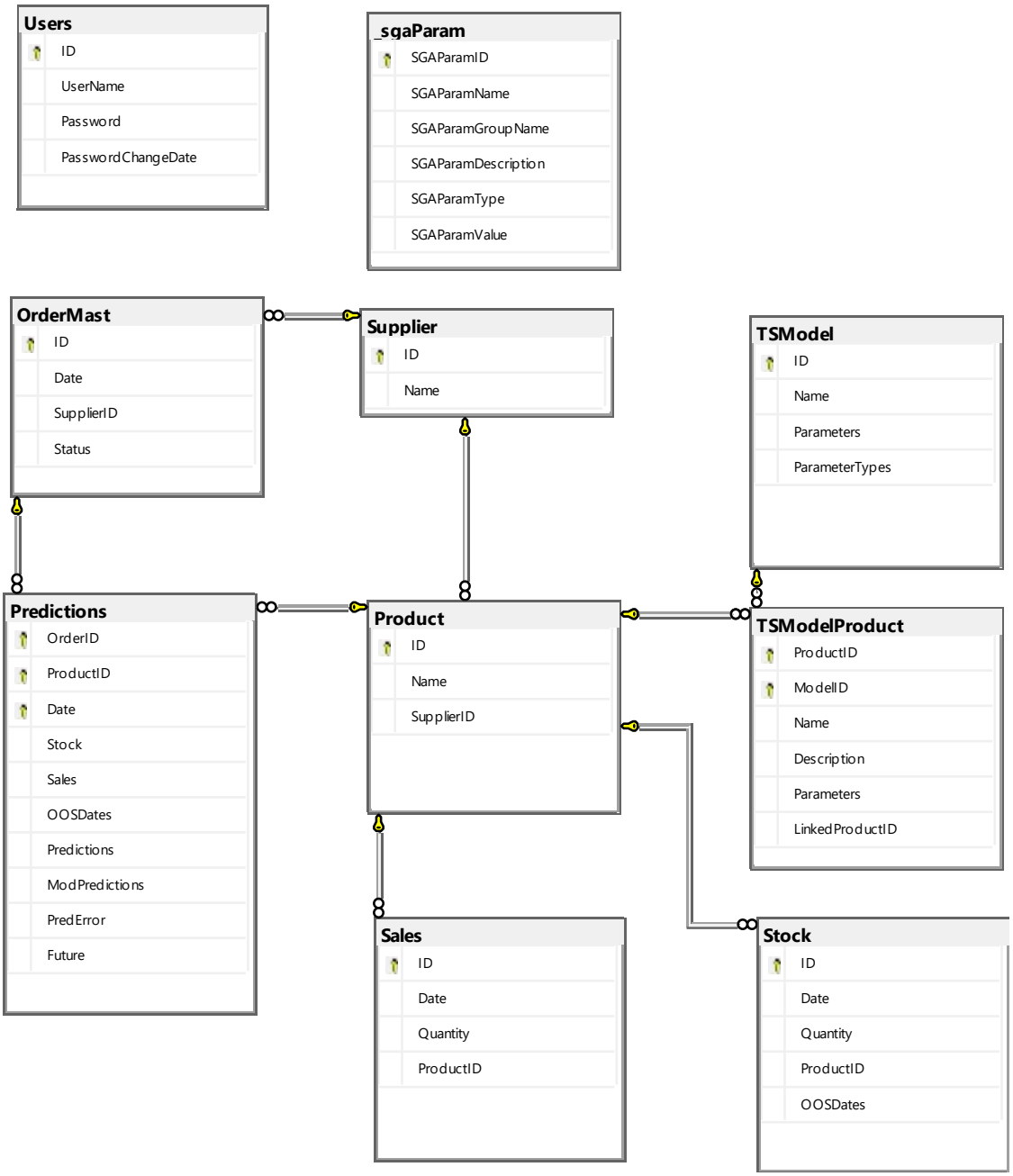
Αυτός ο πίνακας συνδέει το κάθε προϊόν με ένα μοντέλο πρόβλεψης. Τα πεδία του είναι ο α/α του προϊόντος (ProductID), ο α/α του μοντέλου (ModelID), το όνομα του μοντέλου (Name), μία περιγραφή (Description), οι χρησιμοποιούμενες παράμετροι (Parameters) και ο α/α του συνδεδεμένου παρεμφερούς προϊόντος (LinkedProductID)

7.9 Πίνακας Χρηστών (Users)

Ο πίνακας αυτός περιέχει πληροφορίες για τους χρήστες του συστήματος, που περιλαμβάνουν τον α/α τους (ID), το όνομα (UserName), τον κωδικό πρόσβασης (Password), και την ημερομηνία αλλαγής κωδικού πρόσβασης (PasswordChangeDate).

7.10 Πίνακας παραμέτρων (_sgaParam)

Ο πίνακας αυτός περιέχει παραμέτρους λειτουργίας της εφαρμογής. Αντίστοιχος πίνακας υπάρχει στις περισσότερες εφαρμογές του φορέα υλοποίησης, και για ομοιομορφία χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια ονόματα πεδίων με τους υπόλοιπους αντίστοιχους πίνακες των εφαρμογών. Τα πεδία αφορούν τον α/α της παραμέτρου (SGAParamID), το όνομα (SGAParamName), την κατηγορία (SGAParamGroupName), την περιγραφή (SGAParamDescription), τον τύπο (SGAParamType) και τέλος την τιμή (SGAParamValue).



Εικ. 13 Διάγραμμα βάσης δεδομένων

8 Επίλογος

Το παρόν έγγραφο αποτελεί την τεκμηρίωση του υποσυστήματος πρόβλεψης ζήτησης. Σκοπός του ήταν να συνοψίσει τα γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος, αλλά και να παρέχει λεπτομέρειες πάνω στον τρόπο χρήσης και στις διάφορες λειτουργικότητες του. Ανέλυσε επίσης τις τεχνολογίες πάνω στις οποίες στηρίχτηκε η ανάπτυξή του, και τέλος παρέθεσε τεχνικές λεπτομέρειες της υλοποίησης όπως η διεπαφή και ο σχεδιασμός της βάσης δεδομένων.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

9 Βιβλιογραφία

[1] S. Makridakis, E. Spiliotis και V. Assimakopoulos, «The M5 Accuracy competition: Results, findings and conclusions,» 2020.

[2] R. G. Brown, Statistical forecasting for inventory control, McGraw/Hill, 1959.

[3] C. E. Holt, «Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted averages,» 1957.

[4] P. R. Winters, «Forecasting sales by exponentially weighted moving averages,» *Management Science,* τόμ. 6, p. 324–342, 1960.

[5] G. E. P. Box και G. M. Jenkins, Time series analysis: Forecasting and control, Holden-Day, 1970.

[6] FBProphet, «https://facebook.github.io/prophet/,» [Ηλεκτρονικό].

[7] I. Goodfellow, Y. Bengio και A. Courville, Deep Learning, MIT Press, 2016.

[8] S. Makridakis, E. Spiliotis και V. Assimakopoulos, «Statistical and machine learning forecasting methods: Concerns and ways forward,» *Plos One,* τόμ. 13, p. 1–26, 2018.

[9] Y. Gal και Z. Ghahramani, «Dropout as a Bayesian Approximation: Representing model uncertainty in deep learning,» σε *Proceedings of the 33rd International Conference on Machine Learning (ICML-16*, 2016.

[10] T. Hastie, R. Tibshirani και J. Friedman, The Elements of Statistical Learning, Springer, 2008.

[11] Angular, «https://angular.io/,» [Ηλεκτρονικό].

[12] Bootstrap, «https://getbootstrap.com/,» [Ηλεκτρονικό].

[13] Plotly, «https://plotly.com/javascript/,» [Ηλεκτρονικό].

[14] DevExpress, «https://www.devexpress.com/,» [Ηλεκτρονικό].

[15] Python, «https://www.python.org/,» [Ηλεκτρονικό].

[16] Flask, «https://flask.palletsprojects.com/,» [Ηλεκτρονικό].

[17] SQLAlchemy, «https://www.sqlalchemy.org/,» [Ηλεκτρονικό].

[18] Numpy, «https://numpy.org/,» [Ηλεκτρονικό].

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

[19] Pandas, «https://pandas.pydata.org/,» [Ηλεκτρονικό].

[20] StatsModels, «https://www.statsmodels.org/,» [Ηλεκτρονικό].

[21] SKTime, «https://www.sktime.org/,» [Ηλεκτρονικό].

[22] PyTorch, «https://pytorch.org/,» [Ηλεκτρονικό].

[23] LightGBM, «https://lightgbm.readthedocs.io,» [Ηλεκτρονικό].

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης