

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΕΙΣΡΟΗ ΝΕΩΝ ΠΕΛΑΤΩΝ ΟΠΤΙΚΗΣ
ΙΝΑΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΑΥΤΗΣ ΣΤΟΝ ΟΜΙΛΟ
Ο.Τ.Ε.»

Επιβλέπων Καθηγητής :
ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ

ΤΣΕΚΑΣ ΑΓΓΕΛΟΣ

mis22023

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2023

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

Υποβλήθηκε ως προαπαιτούμενο για την απόκτηση του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης
στα Πληροφοριακά Συστήματα (M.I.S)

Αφιερώσεις και Ευχαριστίες

Η παρακάτω εργασία είναι αφιερωμένη στην γυναίκα και την κόρη μου για την υπομονή και την υποστήριξη σε όλη μου την διαδρομή.

Στους γονείς μου που είναι πάντα δίπλα μου σε κάθε μου βήμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τον καθηγητή μου Αναστάσιο Οικονομίδα για την υποστήριξη και την καθοδήγηση της συγγραφής της Διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους συνεργάτες μου στον Όμιλο Ο.Τ.Ε που έδωσαν την έγκριση για την χρήση δεδομένων για την παρακάτω ανάλυση.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύσαμε δεδομένα ενός από τους μεγαλύτερους ομίλους τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα, με σκοπό την ανάδειξη της θετικής επιρροής της μετάβασης των συνδρομητών σε οπτική ίνα από υπηρεσίες χαλκού. Μέτα την ανάλυση των δεδομένων μας, καταλήξαμε αρχικά ότι ο όμιλος θα έχει μείωση σε όγκο βλαβών αλλά και στην δυσκολία επίλυσης τους. Στη συνέχεια, εφαρμόστηκε ένα μοντέλο πρόβλεψης με το οποίο παρατηρείται αυξητική τάση στην είσοδο νέων πελατών στον όμιλο. Κατά συνέπεια, επωφελείται συνολικά ο Ο.Τ.Ε. στην διεκπεραίωση των εργασίμων και την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών του. Αναφορικά με την μεθοδολογία που χρησιμοποιήσαμε, αντλήθηκαν δεδομένα από την επίσημη βάση δεδομένων του ομίλου Ο.Τ.Ε. με κώδικα S.Q.L¹, σε διάστημα από τον Ιανουάριο του 2022 έως και τις 14 Μάιο του 2023, με σεβασμό πάντα στο απόρρητο και τα πνευματικά δικαιώματα του κάθε πελάτη. Το μοντέλο πρόβλεψης δημιουργήθηκε με τον αλγόριθμο Prophet στην γλώσσα προγραμματισμού Python. Σκοπός της εφαρμογής του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η πρόβλεψη (για 30 μέρες) της ημερήσιας εισροής νέων πελατών οπτικής ίνας στον Ο.Τ.Ε. Τέλος, αφενός αναδείχθηκε η σημασία των αποτελεσμάτων της έρευνας που πραγματοποιήσαμε, αφετέρου επισημάνθηκε μέσω αυτών η αναγκαιότητα μετάβασης των πελατών σε οπτική ίνα με στόχο την βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών της εταιρίας.

¹ *Structured Query Language*

Abstract

In this thesis, we analyzed data from one of the largest telecommunications groups in Greece, with the aim of highlighting the positive influence of the transition of subscribers to optical fiber from copper services. After analyzing our data, we initially concluded that the group will have a reduction in the volume of faults but also in the difficulty of solving them. Then, a forecasting model was applied with which an increasing trend in the entry of new customers into the group is observed. Consequently, OTE benefits overall in the processing of the work and the quality of the services provided. Regarding the methodology we used, data was extracted from the official database of the OTE group with code S.Q.L., in the period from January 2022 until May 14/ 2023, always respecting the privacy and copyright of each customer. The prediction model was created with the Prophet algorithm in the Python programming language. The purpose of the application of the specific model is to predict (for 30 days) the daily influx of new optical fiber customers to the OTE. Finally, on the one hand, the importance of the results of the research we carried out was highlighted, on the other hand, the necessity of switching customers to optical fiber was highlighted through them, with the aim of improving the services provided by the company.

Περιεχόμενα

<i>Αφιερώσεις και Ευχαριστίες</i>	<i>ii</i>
<i>Περίληψη</i>	<i>iii</i>
<i>Abstract</i>	<i>iv</i>
<i>Ευρετήριο Πινάκων</i>	<i>ix</i>
Κεφάλαιο 1	1
1.1 Εισαγωγή	1
1.2 Ιστορική αναδρομή στην τηλεπικοινωνιακή εξέλιξη στην Ελλάδα	2
1.3 Τηλεπικοινωνία σε γραμμές Χαλκού	3
1.4 Βασικά μειονεκτήματα καλωδίων χαλκού στις τηλεπικοινωνίες	5
1.5 Τηλεπικοινωνία μέσω οπτικών ινών	6
1.6 Μετάβαση των γραμμών χαλκού σε οπτική ίνα	7
1.7. Πλεονεκτήματα οπτικών ινών	10
1.8 Οπτικές ίνες στα Σπίτια των συνδρομητών	11
1.9 Μηχανική Μάθηση	11
1.10 Είδη Μηχανικής Μάθησης	12
Κεφάλαιο 2	14
<i>Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας</i>	<i>14</i>
Κεφάλαιο 3	16
Μεθοδολογία	16
3.1 Ανάλυση Case Study	16
3.2 Μοντέλο πρόβλεψης fbPROPHEΤ	17
3.3 Βασικά Πλεονεκτήματα σε σύγκριση με το ARIMA	20
Κεφάλαιο 4	21
4.1 Σύγκριση των πελατών οπτικής ίνας με τους πελάτες χαλκού στον Όμιλο ΟΤΕ.	21
4.2 Συχνότητα δήλωσης Συνδρομητικών Βλαβών	22
4.3 Χρονικό διάστημα δήλωσης πρώτης βλάβης	23
4.4 Σύγκριση συμπτωμάτων Δήλωσης Βλαβών.	26
i. Συμπτώματα Βλαβών χαλκού πριν την αλλαγή Συμβολαίου.	26
ii. Συμπτώματα Βλαβών χαλκού μετά την αλλαγή Συμβολαίου	26

iii.	Συμπτώματα Βλαβών FTTH πριν την αλλαγή Συμβολαίου.....	29
iv.	Συμπτώματα Βλαβών FTTH μετά την αλλαγή Συμβολαίου.....	29
	Κεφάλαιο 5.....	36
	5.1 Καμπάνια δωρεάν αναβαθμίσεων στον όμιλο Ο.Τ.Ε.....	36
	5.2 Έλεγχος αποτελεσματικότητας δωρεάν αναβαθμίσεων	36
	5.4 Αναλογία βλαβών ανά Συνδρομητή.....	38
	Κεφάλαιο 6.....	42
	6.1 Εφαρμογή Μοντέλου fbProphet σε Python	42
	6.2 Βήματα Υλοποίησης.....	42
	➤ Πρώτο βήμα:	42
	➤ Δεύτερο βήμα:	43
	➤ Τρίτο Βήμα:.....	44
	➤ Τέταρτο βήμα:	45
	➤ Πέμπτο Βήμα:.....	47
	➤ Έκτο βήμα.....	49
	➤ Έβδομο βήμα:.....	51
	➤ Όγδοο βήμα:.....	52
	➤ Δέκατο βήμα:	55
	Συμπεράσματα και Προτάσεις.....	59
	Βιβλιογραφία.....	61
	<u>Ελληνόγλωσση</u>	61
	<u>Ξενόγλωσση</u>	62
	Προσαρτήματα	65
	Κώδικας Python.....	65
	Κώδικας SQL.....	68

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. Τηλεπικοινωνιακή σύνδεση οικιακού πελάτη [πηγή : Δούκογλου Τ., «Νέες τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών», <i>Greek ICT Forum, Αθήνα 2007</i>]	4
Εικόνα 2. <i>Understanding Fiber Optic Cable Jacket & Fire Rating</i> [πηγή : « https://community.fs.com/blog/understanding-fiber-optic-cable-jacket-fire-rating.html » Sheldon , 2021].....	6
Εικόνα 3. <i>Fiber to the</i> [πηγή : « https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x » Wikipedia].	7
Εικόνα 4. <i>FTTH Point-to-Point and Point-to-Multipoint-based Next-Generation Access (NGA) Networks</i> [πηγή : “GPON and TWDM-GPON in the context of the wholesale local access market”, Plüickebaum, Sanchez (2016)].....	9
Εικόνα 5. <i>Types of Machine Learning</i> [πηγή : « https://www.javatpoint.com/types-of-machine-learning »].....	13
Εικόνα 6. <i>Research basics: Design to data analysis in six steps</i> [πηγή : Spickard, J. V. (2016)]......	17
Εικόνα 7. <i>Time Series Analysis - A quick tour of fbProphet</i> [πηγή : « https://medium.com/analytics-vidhya/time-series-analysis-a-quick-tour-of-fbprophet-cbbfbffdf9d8 » Samip Timalsema , 2020]	19
Εικόνα 8. Συνολικός αριθμός πελατών χαλκού και οπτικής ίνας.....	22
Εικόνα 9. Σύγκριση βλαβών οπτικής ίνας με βλάβες χαλκού.	24
Εικόνα 10. Σύγκριση συμπτωμάτων χαλκού πριν και μετά την αναβάθμισή τους.....	28
Εικόνα 11. Σύγκριση συμπτωμάτων οπτικής ίνας πριν και μετά την αναβάθμισή τους... 30	
Εικόνα 12. Συμπτώματα βλαβών πριν και μετά την μετατροπή τους από χαλκό σε οπτική ίνα.....	35
Εικόνα 13. <i>Code imports</i>	42
Εικόνα 14. Κώδικας φόρτωσης αρχείου και μετατροπές πεδίου ημερομηνίας.....	43
Εικόνα 15. Προβολή δεδομένων ημερήσιων εισροών νέων πελατών οπτικής ίνας.	43
Εικόνα 16. Κώδικας μετονομασία πεδίων.....	44
Εικόνα 17. Έλεγχος εγκυρότητας αλλαγών.....	44
Εικόνα 18. Κώδικας οπτικοποίησης δεδομένων.....	45
Εικόνα 19. Γράφημα Εισροής νέων πελατών σε σχέση με τον χρόνο.....	45

Εικόνα 20. Κώδικας εντοπισμού Σ/K και εξαίρεση ημερομηνιών με μηδεν εισροή πελατών.	48
Εικόνα 21. Κώδικας Tuning των υπερπαραμέτρων.	51
Εικόνα 22. Κώδικας για train/test split και πρόβλεψη μοντέλου.	52
Εικόνα 23. Κώδικας εντοπισμού αλλαγής trend και οπτικοποίηση προβλέψεων σε όλο το διάστημα των δεδομένων.	52
Εικόνα 24. Γράφημα προβλέψεων σε σχέση με τις πραγματικές τιμές.	53
Εικόνα 25. Γράφημα προβλέψεων σε σχέση με τις πραγματικές τιμές και εντοπισμός αλλαγής του Trend.....	53
Εικόνα 26. Γραφήματα components του μοντέλου μας.	55
Εικόνα 27. Κώδικας εφαρμογής μετρικών απόδοσης μοντέλου (RMSE/MAPE).	56
Εικόνα 28. Γράφημα πραγματικών τιμών και τιμών πρόβλεψης για 1 μήνα.	58

Ευρετήριο Πινάκων

<i>Πίνακας 1. Σύγκριση εισροής βλαβών χαλκού και οπτικής ίνας πριν και μετά την αναβάθμισή τους.</i>	<i>23</i>
<i>Πίνακας 2. Χρονικό διάστημα δήλωσης πρώτης βλάβης μετά τις αλλαγές συμβολαίων . 24</i>	
<i>Πίνακας 3. Επικρατέστερα συμπτώματα Βλαβών Χαλκού πριν την αλλαγή τους.....</i>	<i>26</i>
<i>Πίνακας 4. Επικρατέστερα συμπτώματα Βλαβών Χαλκού μετά την αλλαγή τους.</i>	<i>27</i>
<i>Πίνακας 5. Έλεγχος επικρατέστερων Συμπτωμάτων και του τρόπου επίλυσής τους.</i>	<i>27</i>
<i>Πίνακας 6. Επικρατέστερα συμπτώματα Βλαβών Ίνας πριν την αλλαγή τους.</i>	<i>29</i>
<i>Πίνακας 7. Επικρατέστερα συμπτώματα Βλαβών Ίνας μετά την αλλαγή τους.</i>	<i>30</i>
<i>Πίνακας 8. Τρόποι επίλυσης βλαβών κατά την διάρκεια του χαλκού και κατά την διάρκεια την μετάβαση σε ίνα.....</i>	<i>32</i>
<i>Πίνακας 9. Ποσοστά βλαβών σε σχέση με την δωρεάν αναβάθμιση.....</i>	<i>37</i>
<i>Πίνακας 10. Χρονικό διάστημα που μεσολάβησε για την δήλωση πρώτης βλάβης.....</i>	<i>38</i>
<i>Πίνακας 11. Αναλογία βλαβών ανά Συνδρομητή στα Τεχνικά τμήματα της Ελλάδος.</i>	<i>39</i>
<i>Πίνακας 12. Πίνακας Σύγκρισης πραγματικών τιμών, τιμών πρόβλεψης και οι διαφορές τους.....</i>	<i>57</i>

Κεφάλαιο 1

1.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια στον κλάδο των Τηλεπικοινωνιών συναντούμε ραγδαίες αλλαγές παρά την κρίση που διανύουμε. Ο κλάδος αυτός αποτελεί θεμέλιο για τον εκσυγχρονισμό και την ανάπτυξη της χώρας μας γι' αυτό και συνεχώς εξελίσσεται. Με την είσοδο των οπτικών ινών στα σπίτια και τις επιχειρήσεις καλούμαστε να προλάβουμε τους γρήγορους ρυθμούς της τεχνολογίας. Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό την ανάλυση τηλεπικοινωνιακών δεδομένων με έμφαση στη σύγκριση των πελατών που χρησιμοποιούν γραμμές χαλκού, με εκείνους που έχουν επιλέξει οπτική ίνα. Σκοπός μας είναι να αξιολογήσουμε εάν η χρήση οπτικής ίνας έχει βελτιώσει την ποιότητα των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών και την εμπειρία των πελατών. Επιπλέον, εφαρμόζουμε ένα μοντέλο πρόβλεψης «Prophet», με σκοπό να προβλέψουμε την εισροή νέων πελατών με οπτική ίνα στον Όμιλο.

Συγκεκριμένα, η εργασία περιλαμβάνει την ανάλυση της ιστορικής εξέλιξης της τηλεπικοινωνίας στην Ελλάδα, καθώς και μια λεπτομερή ανάλυση της τηλεπικοινωνίας μέσω χαλκού και οπτικών ινών. Εξετάζουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε τύπου γραμμής και αξιολογούμε την ποιότητα των υπηρεσιών που παρέχονται στους πελάτες. Κατόπιν, παρουσιάζουμε μια ανάλυση case study, στην οποία συγκρίνουμε τους πελάτες οπτικής ίνας με τους πελάτες χαλκού στον όμιλο ΟΤΕ. Εξετάζουμε τη συχνότητα δήλωσης συνδρομητικών βλαβών, το χρονικό διάστημα δήλωσης πρώτης βλάβης και τα συμπτώματα δήλωσης βλαβών για κάθε τύπο γραμμής. Επίσης, παρουσιάζουμε μια ανάλυση των αποτελεσμάτων μιας καμπάνιας δωρεάν αναβαθμίσεων στον όμιλο Ο.Τ.Ε. και αξιολογούμε την αποτελεσματικότητά της. Τέλος, εφαρμόζουμε ένα μοντέλο πρόβλεψης fbProphet για την πρόβλεψη της εισροής νέων πελατών οπτικής ίνας στον όμιλο Ο.Τ.Ε. Αυτό το μοντέλο μπορεί να αξιοποιηθεί από τον όμιλο για τον προσδιορισμό της ζήτησης και την προσαρμογή των υπηρεσιών του.

Με την εφαρμογή όλων των παραπάνω, η διπλωματική εργασία αποσκοπεί στην κατανόηση της εξέλιξης της τηλεπικοινωνίας στην Ελλάδα και στην αξιολόγηση των

επιπτώσεών της στην εμπειρία των πελατών, καθώς και στην ανάπτυξη ενός προγνωστικού μοντέλου που μπορεί να ωφελήσει τον τηλεπικοινωνιακό τομέα.

1.2 Ιστορική αναδρομή στην τηλεπικοινωνιακή εξέλιξη στην Ελλάδα

Ταξιδεύοντας στο χρόνο, και πιο συγκεκριμένα στο 1949, ιδρύεται ο όμιλος τηλεπικοινωνιών Ελλάδος. Η ίδρυση του προκύπτει από την συγχώνευση των εταιριών της «Κρατικής Τηλεγραφικής Εταιρείας», της «Α.Ε.Τ.Ε.» (Ανώνυμη Ελληνική Τηλεφωνική Εταιρεία), της «Τηλεφωνικής Εταιρείας Ρόδου» και της «Διεθνούς Τηλεγραφικής Εταιρείας Cable and Wireless».

Ο «Ο.Τ.Ε.» αναλαμβάνει τα ηνία διασύνδεσης κάθε μεγάλου αστικού κέντρου στην Ελλάδα και με την πάροδο του χρόνου και σε κάθε χωριό της χώρας. Υπήρξε μια ολοκληρωτικά κρατική επιχείρηση και την συγκεκριμένη περίοδο αποτελούσε μια μονοπωλιακή παροχή τηλεπικοινωνίας έχοντας στην διάθεση του όλη την ελληνική αγορά. Παρ' όλα αυτά η ιστορία της πρώτης τηλεγραφικής επικοινωνίας (μορσική τηλεγραφία) πραγματοποιήθηκε το 1859 μεταξύ Πειραιά- Σύρου- Χίου- Σμύρνης και Χίου- Κρήτης- Αλεξάνδρειας. Η συγκεκριμένη περίοδος αποτέλεσε και το εναρκτήριο λάκτισμα για την ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών στην χώρας μας. ("Η Ίδρυση του ΟΤΕ: Νέα εποχή για τις τηλεπικοινωνίες στην Ελλάδα.")

Οι τηλεπικοινωνίες ανήκουν στους βασικότερους πυλώνες για τον εκσυγχρονισμό και την ανάπτυξη της χώρας μας. Γι' αυτό το λόγο βλέπουμε ότι στις περιόδους κρίσης οι εταιρίες τηλεπικοινωνιών και συγκεκριμένα ο όμιλος Ο.Τ.Ε. επενδύει εκατομμύρια για την αναβάθμιση των γραμμών τηλεπικοινωνιών. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το άρθρο της news247 και τις δηλώσεις του διευθύνοντα συμβούλου Μ. Τσαμάζ, ο Όμιλος ΟΤΕ έχει επενδύσει 640 εκατομμύρια σε επέκταση και αναβάθμιση του δικτύου οπτικών ινών για το 2022 (« Όμιλος ΟΤΕ: Επενδύσεις 640 εκατ. σε οπτικές ίνες το 2022», 2022).

Αυτή η τεχνολογική ανάπτυξη προσφέρει νέες ευκαιρίες εξέλιξης τόσο στον εργασιακό τομέα της χώρας μας όσο στη διαχείριση των διαφόρων πολύπλοκων δραστηριοτήτων της καθημερινότητάς μας (Σολομωνίδου, 2001). Βλέποντας μια μεγαλύτερη εικόνα η ταχύτητα ανάπτυξης της τεχνολογίας μας καθιστά υπόχρεους να την ακολουθούμε

διαρκώς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κοινωνική μας απομόνωση και μια δημοσιοποίηση των προσωπικών μας δεδομένων, τα οποία θυσιάζονται στον βωμό του Marketing (Markus, 1994).

1.3 Τηλεπικοινωνία σε γραμμές Χαλκού

Οι πρώτες τηλεφωνικές γραμμές που εγκαταστάθηκαν στην Ελλάδα ήταν πάνω σε καλώδια χαλκού. Στην αγορά υπάρχουν πολλών ειδών καλώδια χαλκού, όμως πολύ συγκεκριμένα είδη καλωδίων χρησιμοποιούνται για τηλεφωνική επικοινωνία και μετάδοση δεδομένων (ADSL/VDSL connection). Πολλά καλώδια χαλκού χρησιμοποιούνται για μετάδοση ήχου, για θυροτηλέφωνα, για μετάδοση χαμηλού ηλεκτρικού φορτίου και σύνδεση καμερών. Στην περίπτωση των τηλεπικοινωνιών, χρησιμοποιούνται καλώδια υψηλού εύρους ζώνης εφαρμογής σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων (Woodward, 2014).

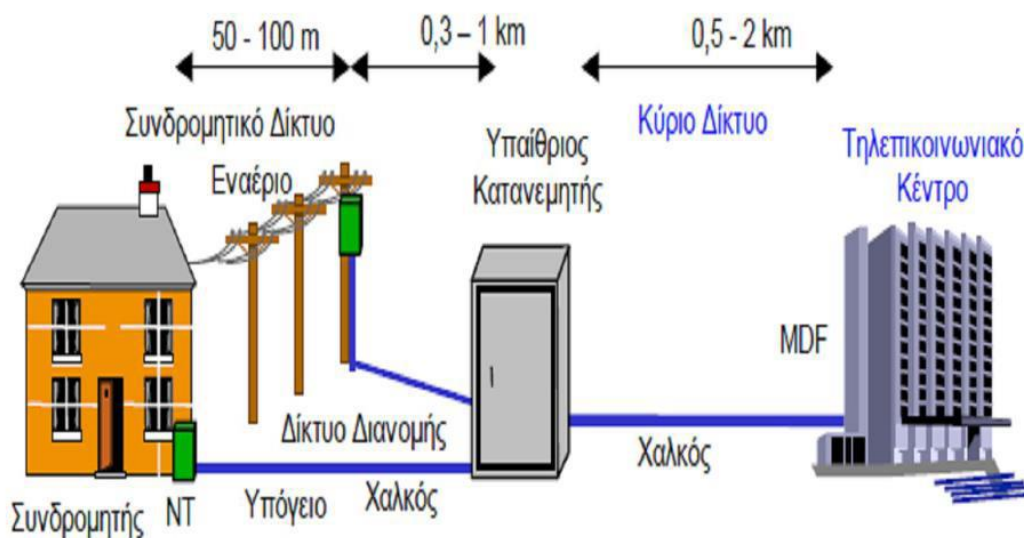
Τα πρώτα βήματα των τηλεπικοινωνιών στην χώρα μας ήταν βασισμένα στο δημόσιο δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος (P.S.T.N²). Για πολλά χρόνια μέχρι να κάνει την εμφάνιση του το Internet, η οικιακή τηλεφωνία «PSTN» πρωταγωνιστούσε, αναφέρει ο Σάτλας (2002). Με την πάροδο των χρόνων, όμως, και με την αύξηση της γκάμας των διαφόρων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών η τεχνολογία αυτή υπέστη αμφισβήτηση λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων της.

Η ανάπτυξη της τηλεπικοινωνιακής αγοράς έφερε μια αύξηση στη ζήτηση των υπηρεσιών μετάδοσης πακέτων δεδομένων σε σύγκριση με τις υπηρεσίες φωνής. Σύμφωνα με τον Σάτλα (2002), το 1999 χαρακτηρίζεται η χρονιά, όπου η κίνηση πακέτων δεδομένων ξεπερνά την αντίστοιχη της φωνής. Είχε παρατηρηθεί ότι στα ήδη υπάρχοντα δίκτυα, που είχαν κατασκευαστεί για μετάδοση φωνής, μεταφέρεται μεγάλος όγκος δεδομένων. Αυτή η κίνηση πακέτων όμως έφερε την ανάγκη για μεταβολή στο εύρος ζώνης και άμεση ανάγκη για γρηγορότερους ρυθμούς μετάδοσης. Έτσι, κρίθηκε απαραίτητο τα δίκτυα μετάδοσης φωνής να λειτουργούν πάνω από εκείνα που έχουν σχεδιαστεί για μετάδοση δεδομένων. Η κίνηση αυτή θα είναι ανάλογη με την εφαρμογή που εξυπηρετεί.

² Public Switched Telephone Network

Ένα ακόμη μειονέκτημα που αναφέρει ο Σάτλας (2002), είναι ότι έπρεπε να εξαλειφθεί με την πάροδο των χρόνων η παράλληλη σύνδεση μίας αναλογικής φωνής P.S.T.N. και η παράλληλη σύνδεση στο διαδίκτυο για αναπαραγωγή video και εικόνας. Παλαιότερα, ήταν ανέφικτη η πρόσβαση στο Internet με παράλληλη χρήση του τηλεφώνου. Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε μια νέα τεχνολογία με υψηλές ταχύτητες για την εποχή D.S.L.³ μέσω καλωδίου χαλκού. Η τεχνολογία αυτή έδωσε λύση στους οικιακούς πελάτες που απολάμβαναν παράλληλη πρόσβαση στο διαδίκτυο και μετάδοση φωνής (Σάτλας, 2002).

Οι νέες τάσεις και η ανάπτυξη αυτή οδήγησε την αγορά στην δημιουργία του «Internet Protocol (IP)» σε τοπική μορφή. Όπως αναφέρει ο Σάτλας (2002), τα νέα δίκτυα IP στηρίζονται κυρίως σε συνδέσεις Ethernet και χρησιμοποιούν ATM⁴ σύνδεση, δηλαδή από σημείο σε σημείο.



Εικόνα 1. Τηλεπικοινωνιακή σύνδεση οικιακού πελάτη [πηγή : Δούκογλου Τ., «Νέες τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών», Greek ICT Forum, Αθήνα 2007]

³ Digital Subscriber Line

⁴ Network Protocol Asynchronous Transfer Mode

Σύμφωνα με τον Δούκογλου (2007), και την παραπάνω εικόνα, βλέπουμε μια παραδοσιακή σύνδεση ενός οικιακού συνδρομητή μέσω του δικτύου χαλκού του Ο.Τ.Ε. Η γραμμή ξεκινά από τον καταναμητή στο επικοινωνιακό κέντρο του Ο.Τ.Ε, στην συνέχεια μέσω του δικτύου χαλκού ταξιδεύει στον υπαίθριο καταναμητή υπογείως και έπειτα καταλήγει σε μια εισαγωγή της πολυκατοικίας του πελάτη ή εάν βρίσκεται σε μη αστικό κέντρο σε κάποια κολώνα και ταξιδεύει εναέρια στον συνδρομητή.

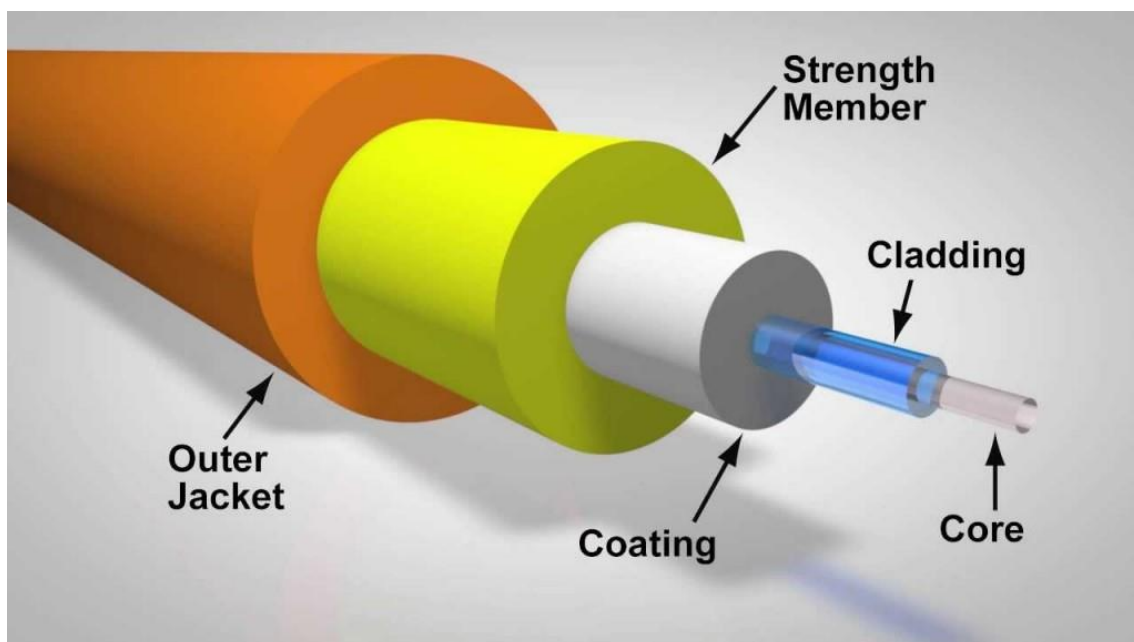
1.4 Βασικά μειονεκτήματα καλωδίων χαλκού στις τηλεπικοινωνίες

Σύμφωνα με τον Johnson (2018), ο χαλκός σαν μέσο μετάδοσης δικτυακών παροχών βιώνει κρίση, καθώς έχει πολύ σημαντικά μειονεκτήματα σε σύγκριση με τις υψηλές απαιτήσεις των συνδρομητών του. Όπως αναφέρει ο Johnson (2018) στο άρθρο του, υπάρχουν τέσσερα πολύ σημαντικά μειονεκτήματα στην χρήση καλωδίων χαλκού στις τηλεπικοινωνίες.

1. Αρχικά ο Johnson (2018), αναφέρεται στο υψηλό κόστος των καλωδίων χαλκού. Ο χαλκός κυρίως παράγεται σε χώρες τις Λατινικής Αμερικής και ως εκ τούτου είναι μια πολύ ευμετάβλητη αγορά. Επίσης, το υψηλό βάρος του τον καθιστά ακόμη περισσότερο ακριβό.
2. Ο χαλκός, σύμφωνα πάντα με τον Johnson (2018), έχει το μειονέκτημα της διάβρωσης. Η έκθεση του σε εξωτερικές καιρικές συνθήκες (υγρασία, συστολή-διαστολή λόγω αύξησης ή μείωσης θερμοκρασίας) οδηγεί το καλώδιο σε οξείδωση και ολική καταστροφή με την πάροδο των χρόνων.
3. Ο χαλκός είναι ευαίσθητος σε μεγάλο βαθμό ηλεκτρικών παρεμβολών, οδηγώντας σε λιγότερο καθαρό σήμα συγκριτικά με τις οπτικές ίνες.
4. Τα καλώδια χαλκού αντιμετωπίζουν προβλήματα στο εύρος ζώνης. Οι ταχύτητες που μπορούν να υποστηρίξουν είναι περιορισμένες και οι ταχύτητες παροχής Internet είναι αντιστρόφως ανάλογες με την απόσταση του συνδρομητή. Ειδικότερα, όσο μεγαλύτερη απόσταση διανύει ένα καλώδιο χαλκού τόσο περιορισμένες δυνατότητες σε ταχύτητες σύνδεσης θα έχει.

1.5 Τηλεπικοινωνία μέσω οπτικών ινών

Μια οπτική ίνα είναι ένας κυλινδρικός διηλεκτρικός κυματοδηγός κατασκευασμένος από υλικά χαμηλής απώλειας, συνήθως λιωμένο γυαλί πυριτίου υψηλής χημικής καθαρότητας, όπως αναφέρουν στην έρευνά τους οι Sharma, Pardeshi, Arora & Singh (2013). Ο πυρήνας του κυματοδηγού έχει δείκτη διάθλασης ελαφρώς υψηλότερο από αυτόν του εξωτερικού μεσαίου (η επένδυση ή αλλιώς μανδύας), έτσι ώστε το φως να οδηγείται κατά μήκος του άξονα ινών με ολική εσωτερική ανάκλαση. Οι οπτικές ίνες είναι ένα μέσο για τη μεταφορά πληροφοριών από το ένα σημείο στο άλλο με την μορφή φωτός (laser). Σε αντίθεση με τη χάλκινη μορφή μετάδοσης, η οπτική ίνα δεν είναι ηλεκτρική στη φύση. Ένα βασικό σύστημα οπτικών ινών αποτελείται από μια συσκευή μετάδοσης που μετατρέπει ένα ηλεκτρικό σήμα σε ένα φωτεινό σήμα, ένα καλώδιο οπτικών ινών που μεταφέρει το φως, και έναν δέκτη που δέχεται το φωτεινό σήμα και το μετατρέπει πίσω σε ηλεκτρικό σήμα (Sharma, Pardeshi, Arora, & Singh, 2013).



Εικόνα 2. Understanding Fiber Optic Cable Jacket & Fire Rating [πηγή :
«<https://community.fs.com/blog/understanding-fiber-optic-cable-jacket-fire-rating.html>»
Sheldon , 2021].

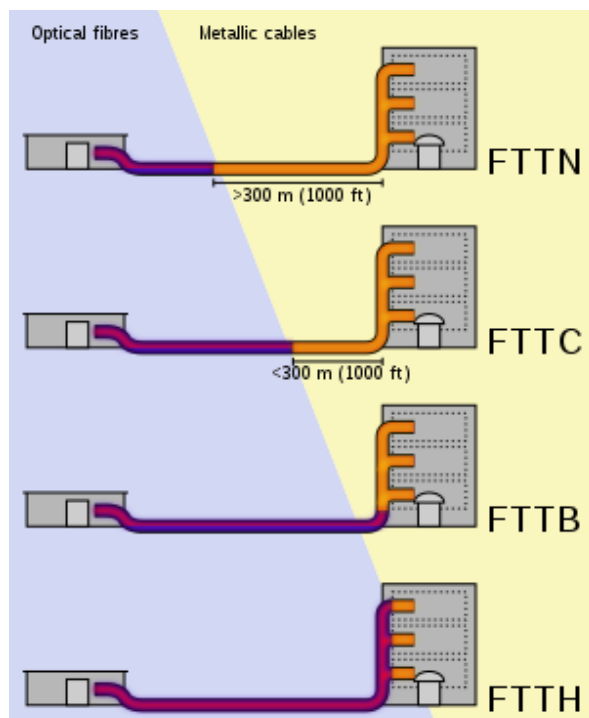
Η χρήση των οπτικών καλωδίων μπορεί να συμβάλει στην αύξηση του εύρους ζώνης, ώστε το δίκτυο να μπορεί να μεταδίδει δεδομένα μεγάλης χωρητικότητας και σε πολύ υψηλές ταχύτητες. Επομένως, η τεχνολογία οπτικών ινών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αντικατάσταση των συμβατικών καλωδίων (Kusumarputri et. al, 2021).

1.6 Μετάβαση των γραμμών χαλκού σε οπτική ίνα

Η σημαντική αύξηση δικτύων οπτικών ινών, παρατηρείται με συνεχή ρυθμό τόσο στην Ευρώπη όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Βασικά χαρακτηριστικά, όπως η υψηλή ταχύτητα και η χαμηλή απώλεια σήματος, αποτελούν την ουσία που επιτρέπει την αποτελεσματική λειτουργία των κλασικών υπηρεσιών, καθώς και την ανάπτυξη νέων ευρυζωνικών υπηρεσιών. Τέτοιες υπηρεσίες περιλαμβάνουν πρόσθετη λειτουργικότητα, ψυχαγωγία μέσω τηλεόρασης, παιχνίδια και υπηρεσίες στον χώρο του cloud. Με την χρήση αυτών των δικτύων είναι εφικτή η παροχή απίστευτα υψηλών ταχυτήτων στους τελικούς χρήστες, ανεξαρτήτως της απόστασης από τον κεντρικό κόμβο.

Συγκεκριμένα, μπορούν να επιτευχθούν ταχύτητες που κυμαίνονται από 1 έως 10 Gbps για λήψη και 100 Mbps για αποστολή δεδομένων προς το δίκτυο. Επιπλέον, έχουν αναπτυχθεί προηγμένα συστήματα με ταχύτητες 20, 40 και 50 Gbps, ενώ με την εφαρμογή ειδικών τεχνολογιών, οι ταχύτητες αυτές μπορούν να φτάσουν ακόμη και σε εντυπωσιακές τιμές μερικών Tbps.

Στη διπλανή εικόνα βλέπουμε τις διάφορες αρχιτεκτονικές δικτύων που προηγήθηκαν μέχρι να φτάσουμε στο σημερινό «Fiber to the Home». Όσον αφορά την δομή και την σύνθεση του Fiber to the Home (FTTH), παρατηρούμε ότι αποτελείται από τις ακόλουθες βασικές λειτουργικές μονάδες: το βασικό οπτικό δίκτυο, το



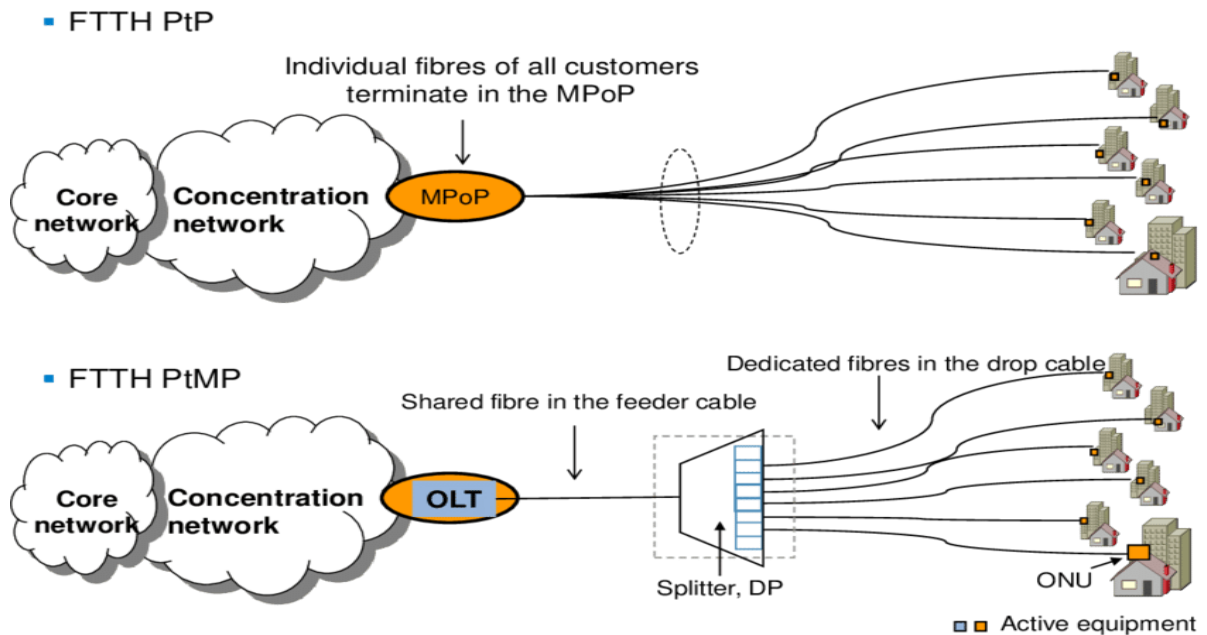
Εικόνα 3. Fiber to the [πηγή : https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x Wikipedia].

δίκτυο διανομής και το δίκτυο πρόσβασης.

Επιπλέον, ας εξετάσουμε αναλυτικά την συνθετική δομή: Το βασικό οπτικό δίκτυο αποτελείται από μια σειρά οπτικών κόμβων που είναι αλληλοσυνδεδεμένοι. Το δίκτυο διανομής είναι αποτελούμενο από οπτικούς κόμβους που ενώνουν τους βασικούς οπτικούς κόμβους μέσω της κεντρικής οπτικής διασύνδεσης. Τέλος, το δίκτυο πρόσβασης περιλαμβάνει τους κόμβους πρόσβασης που φτάνουν έως τους τελικούς χρήστες.

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική των οπτικών ινών, οι αναβαθμίσεις σε F.T.T.H. διαιρούνται σε δύο διαφορετικές αρχιτεκτονικές: τη δομή από σημείο σε πολλά σημεία («Point to multipoint, P.T.M.P.») και τη δομή από σημείο σε σημείο («point to point, P.T.P.»). Στην πρώτη περίπτωση (P.T.M.P.), οι χρήστες με την τοπολογία PTMP μοιράζονται μία μόνο ίνα με άλλους, χρησιμοποιώντας είτε παθητικούς είτε ενεργούς διαχωριστές. Στην δομή P.T.P., οι χρήστες ενδέχεται να χρησιμοποιούν ξεχωριστές ίνες από το Point of Presence (P.O.P.) έως τον κάθε χρήστη. Οι εξελίξεις, γνωστές και ως Home Run ή P.t.P, απαιτούν περισσότερες ίνες και τερματικά οπτικών γραμμών (ή O.L.T⁵, ένα ανά σπίτι) σε σύγκριση με την πιο κοινή υποδομή. Αντίθετα, προσφέρουν το πλεονέκτημα της αποκλειστικής χρήσης της διαθέσιμης εύρους ζώνης (Duran Rosich,2012).

⁵ *Optical line terminal*



Εικόνα 4. FTTH Point-to-Point and Point-to-Multipoint-based Next-Generation Access (NGA) Networks [πηγή : “GPON and TWDM-GPON in the context of the wholesale local access market”, Plückebaum, Sanchez (2016)].

Οι εξελίξεις στη δομή P.t.M.P (Point to Multi-Point) έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση του συνολικού αριθμού ινών που απαιτούνται, με τον τρόπο αυτό να μεταφράζεται σε χαμηλότερο κόστος, αναφέρει επίσης ο Rosich (2012). Αυτό προκύπτει από την κοινή χρήση μιας ίνας ανάμεσα στο POP και τον απομακρυσμένο κόμβο, με τον λόγο κατανομής να αναλύεται. Τα PtMP προσεγγίζονται μέσω δύο τύπων αρχιτεκτονικών: ενεργή και παθητική. Το ενεργό PtMP (επίσης γνωστό ως «Active Star») ενσωματώνει ενεργές συσκευές στον απομακρυσμένο κόμβο, όπως διακόπτες. Ο απομακρυσμένος κόμβος διαθέτει έναν πολυπλέκτη/αποπλέκτη, μετασχηματίζοντας το σήμα στο ηλεκτρικό πεδίο, και κατά συνέπεια απαιτούνται μετατροπές OEO (Optical and Electro-optical) (Eduard, 2012). Αντίθετα, η παθητική αρχιτεκτονική PtMP (επίσης γνωστή ως «P.O.N.⁶ ή παθητικό οπτικό δίκτυο») δεν χρησιμοποιεί ενεργά ηλεκτρονικά στον απομακρυσμένο κόμβο και, ως αποτέλεσμα, δεν απαιτείται τροφοδοσία. Αντί για αυτό, χρησιμοποιούνται παθητικοί διαχωριστές, οι οποίοι συνήθως επιτρέπουν σε **4** έως **64** χρήστες να μοιράζονται μία μόνο ίνα (Lee et al, 2006).

⁶ passive optical network

1.7. Πλεονεκτήματα οπτικών ινών

Οι οπτικές ίνες έρχονται στον τομέα των τηλεπικοινωνιών για να τις εκσυγχρονίσουν και να θέσουν γερά θεμέλια για ακόμα υψηλότερες ταχύτητες σύνδεσης στο διαδίκτυο. Τα δίκτυα οπτικών ινών μπορούν να προσφέρουν υψηλότερες ταχύτητες σύνδεσης για πολλούς χρήστες ταυτόχρονα. Σύμφωνα με το άρθρο της ομάδος Tampa Content (2022), υπάρχουν πέντε βασικά πλεονεκτήματα στον τομέα των οπτικών ινών :

1. Από τα βασικότερα πλεονεκτήματα, σύμφωνα με την ομάδα της Tampa (2022), είναι το αυξημένο εύρος ζώνης που παρέχουν οι οπτικές ίνες. Λόγω αυτού μπορούν τα καλώδια αυτά να μεταφέρουν μεγαλύτερο όγκο δεδομένων και από ένα καλώδιο στο μέγεθος της τρίχας (!) να συνδεθούν δεκάδες πελάτες.
2. Ένα άλλο πλεονέκτημα των οπτικών ινών είναι ότι είναι λιγότερο επιρρεπείς σε παρεμβολές από άλλους τύπους καλωδίων, διότι έχουν «ανοσία» σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (E.M.I.). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το σήμα να είναι πολύ καθαρό βελτιώνοντας τις επικοινωνίες είτε μέσω φωνής είτε μέσω βίντεο των συνδρομητών.
3. Τα καλώδια οπτικών ινών έχουν επίσης το πλεονέκτημα της μετάδοσης πακέτων δεδομένων με πολύ υψηλότερες ταχύτητες σε σύγκριση με τα καλώδια χαλκού. Αυτό συμβαίνει, διότι οι παλμοί φωτός που χρησιμοποιούνται στις ίνες μπορούν να ταξιδέψουν σαφώς πιο γρήγορα από τα ηλεκτρικά σήματα.
4. Επίσης, η Tampa Content (2022), στην έρευνα της επισημαίνει ότι οι οπτικές ίνες μπορούν να μας παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία στο μέλλον. Αυτό συμβαίνει, επειδή οι οπτικές ίνες μπορούν να αναβαθμιστούν για να υποστηρίξουν υψηλότερα εύρη ζώνης και ταχύτητες.
5. Τέλος, υπογραμμίζει η ομάδα της Tampa Content (2022), ότι το κόστος αγοράς αλλά και συντήρησης των καλωδίων οπτικής ίνας σε σχέση με αυτά του χαλκού είναι πολύ φθηνότερο.

1.8 Οπτικές ίνες στα Σπίτια των συνδρομητών

Το δίκτυο Fiber To The Home (FTTH) είναι η λύση για την αύξηση του εύρους ζώνης του διαδικτύου για τους πελάτες. Το FTTH εφαρμόζει τεχνολογία μετάδοσης οπτικών ινών που μπορεί να μεταδίδει δεδομένα με γρήγορο και σταθερό ρυθμό (bit) για να φτάσει στον συνδρομητή (Kusumarputri et al, 2021).

Η αρχή για την σύνδεση των ελληνικών νοικοκυριών στις οπτικές ίνες μέχρι την πρίζα του σπιτιού τους, έγινε με ανακοίνωση του Διευθύνων Σύμβουλου του ΟΤΕ Μιχαήλ Τσαμάζ το 2018. Μέχρι πρότινος οι συνδρομητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τις οπτικές ίνες μέχρι και τις καμπίνες του ΟΤΕ και στην συνέχεια έφτανε η υπηρεσία στο χώρο του πελάτη μέσω των καλωδίων χαλκού (Fiber to the Cab). Η δράση FTTC όμως έχει περιορισμένες δυνατότητες, διότι η τελική υπηρεσία φτάνει στον πελάτη με εξασθέρνηση και χωρίς πολύ υψηλές ταχύτητες της εξαιτίας παρεμβολής του χαλκού. Αυτό όμως καλείται ο ΟΤΕ να το αλλάξει ξεκινώντας την δράση FTTH (Fiber to the Home) (Reuters, 2018).

Το έργο που ξεκίνησε τότε ο ΟΤΕ, όπως είναι κατανοητό, είναι ιδιαίτερα δαπανηρό, για αυτό σημαντική ήταν η συμβολή του κράτους, καθώς επιδοτούσε τους συνδρομητές με κουπόνι δωρεάν εγκατάστασης ως 360 ευρώ/24 μήνες. Σε άλλη περίπτωση, ελάχιστοι θα ήταν αυτοί που θα ξόδευαν τόσα πολλά χρήματα για να φτάσει η οπτική ίνα στο σπίτι τους.

Όπως αναφέρει και ο Reuters (2018) στο άρθρο του, ο ΟΤΕ καλείτε να εκπληρώσει ένα στοίχημα που έθεσε ο ίδιος στον εαυτό του, αναβαθμίζοντας το 25% των συνδρομητών της χώρας μέχρι το 2022.

1.9 Μηχανική Μάθηση

Μέσα από την εξέλιξή τους, οι άνθρωποι έχουν αναπτύξει διάφορους τύπους εργαλείων, με σκοπό να διευκολύνουν την εκτέλεση ποικίλων εργασιών με απλούστερο και αποδοτικότερο τρόπο. Η δημιουργικότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην εφεύρεση διαφορετικών μηχανών. Αυτές οι μηχανές επανασχεδίασαν τον τρόπο ζωής των ανθρώπων, παρέχοντας τη δυνατότητα να καλύπτουν πολλές ανάγκες, όπως ταξίδια, βιομηχανική παραγωγή και υπολογιστικές

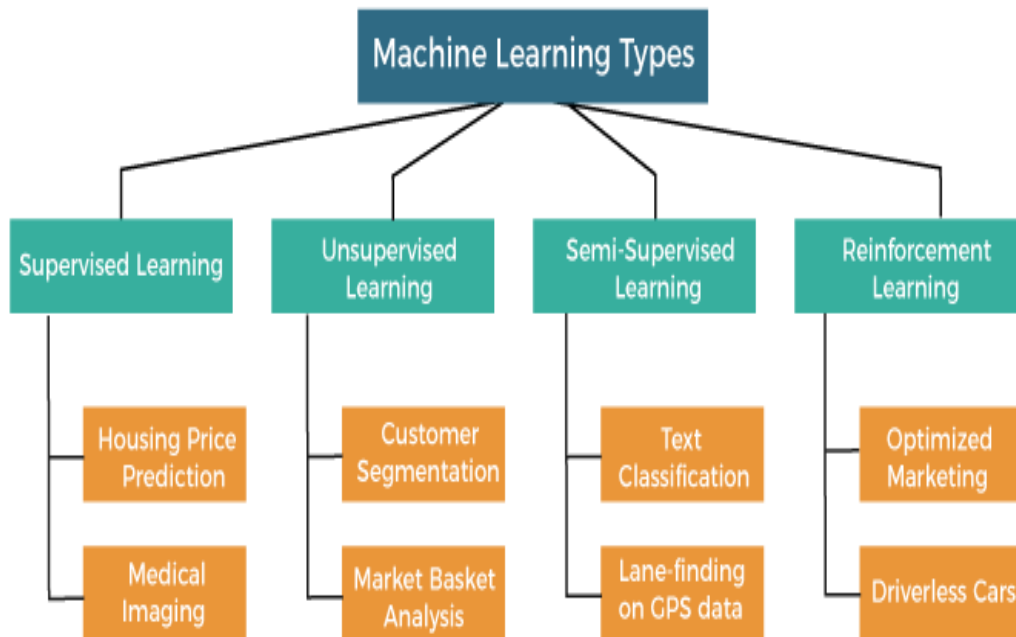
λύσεις (Mahesh, 2020). Μία από αυτές τις καινοτομίες είναι η μηχανική μάθηση, η οποία προσφέρει αξιοσημείωτη προοπτική. Σύμφωνα με τον Arthur Samuel (1959), ονομάζουμε "Μηχανική Μάθηση" (Machine Learning) μια υποενότητα της τεχνητής νοημοσύνης που επιτρέπει στους υπολογιστές να μαθαίνουν και να βελτιώνονται από εμπειρίες χωρίς να χρειάζεται να προγραμματίζονται ρητά για κάθε συγκεκριμένη εργασία.

Στην μηχανική μάθηση, οι αλγόριθμοι και τα μοντέλα εκπαιδεύονται με δεδομένα, έτσι ώστε να αντλούν μοτίβα και κανόνες από αυτά τα δείγματα και στη συνέχεια να εφαρμόζουν αυτά τα μοτίβα για να κάνουν προβλέψεις ή να λύσουν προβλήματα με νέα δεδομένα που δεν έχουν "δει" προηγουμένως.

1.10 Είδη Μηχανικής Μάθησης

Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης ομαδοποιούνται ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα που επιδιώκουν να επιτύχουν. Οι συνηθέστεροι τύποι αλγορίθμων, σύμφωνα με τους Ayodele και Taiwo Oladipuro (2010), περιλαμβάνουν:

- **Επιβλεπόμενη μάθηση (Supervised learning):** Ο αλγόριθμος δημιουργεί μια συνάρτηση που αντιστοιχίζει τις εισόδους στις επιθυμητές εξόδους. Μάθηση με παραδείγματα, όπως το πρόβλημα ταξινόμησης, όπου εκπαιδεύεται να αναγνωρίζει και να ταξινομεί εισόδους σε πολλές κλάσεις βασιζόμενος σε παραδείγματα εισόδου-εξόδου (classification).
- **Μη επιβλεπόμενη μάθηση (Unsupervised learning):** Μοντελοποιεί ένα σύνολο εισόδων χωρίς την διαθεσιμότητα ετικετών (labeled).
- **Ημι-επιβλεπόμενη μάθηση (Semi-supervised learning):** Συνδυάζει παραδείγματα με επισήμανση (labeled) και χωρίς επισήμανση (not labeled), για να δημιουργήσει μια κατάλληλη συνάρτηση ή ταξινομητή (classifier).
- **Ενισχυτική μάθηση (Reinforcement learning):** Ο αλγόριθμος μαθαίνει μια πολιτική για το πώς να ενεργεί δεδομένης μιας παρατήρησης του περιβάλλοντος. Οι δράσεις που αναλαμβάνει έχουν αντίκτυπο στο περιβάλλον και το περιβάλλον παρέχει ανατροφοδότηση που καθοδηγεί τον αλγόριθμο μάθησης.



Εικόνα 5. Types of Machine Learning [πηγή : « <https://www.javatpoint.com/types-of-machine-learning> »].

Κεφάλαιο 2

Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

Τα τελευταία χρόνια η εφαρμογή μαθηματικών προσεγγίσεων που προέρχονται από τον χώρο της Μηχανικής Μάθησης (ML) έχει τραβήξει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών και επαγγελματιών στους τομείς των οπτικών επικοινωνιών και των δικτύων.

Προηγμένοι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να αξιοποιήσουν τα μεγάλα σύνολα δεδομένων που προέρχονται από τα συστήματα παρακολούθησης δικτύου και να "μάθουν" από την εμπειρία, καθιστώντας τα δίκτυα πιο ευέλικτα και προσαρμόσιμα. Οι ερευνητές έχουν ήδη αρχίσει να εξερευνούν την εφαρμογή αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για τη δημιουργία έξυπνων οπτικών δικτύων (Musumeci et al., 2018).

Σύμφωνα με παρόμοια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Fujio, Subramanian & Khder (2022), σχετικά με την «Πρόβλεψη της αποχώρησης πελατών στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών χρησιμοποιώντας Deep Learning», η διάρθρωση της έρευνας και της υλοποίησης είχε τα παρακάτω βήματα:

1. Missing Data
2. Data Transformation
3. Resampling the datasets
4. Feature Selection
5. Exploratory Data analysis
6. Evaluation

Οι προαναφερθέντες ερευνητές χρησιμοποιούν το «Xg Boost» σαν αλγόριθμο του μοντέλου πρόβλεψης. Στην δική μας έρευνα χρησιμοποιούμε το «fbProphet», διότι τα δεδομένα που έχουμε δεν διαθέτουν πολλές στήλες, για να επιλέξουμε ποια features είναι στατιστικά σημαντικά. Στα δικά μας δεδομένα έχουμε δύο στήλες με την μια στήλη να αφορά τη χρονοσειρά μας και την άλλη την ημερήσια εισροή νέων πελατών οπτικής ίνας στον Ο.Τ.Ε.

Επιπλέον, στη δική μας εργασία χρησιμοποιούμε τον αλγόριθμο Prophet λόγω της πληθώρας των παραμέτρων που διαθέτει και την απλοποιημένη μορφή του, που θα μας βοηθήσει να φτάσουμε σ' ένα πολύ καλό αποτέλεσμα.

Παρόμοια έρευνα στον τομέα των υγειονομικών που μπορεί να υλοποιηθεί και στον τομέα των τηλεπικοινωνιών έγινε από τον Gaur (2020), που δημιούργησε ένα μοντέλο πρόβλεψης χρησιμοποιώντας το ARIMA και το fbProphet για την πρόβλεψη των trends για κρούσματα του COVID-19. Αυτό το μοντέλο βοηθά στον εντοπισμό εστιών και ανωμαλιών σχετικά με την εξάπλωση του COVID-19 στην Ινδία και παγκοσμίως. Επίσης, συγκρίνει την απόδοση αυτής της προτεινόμενης προσέγγισης με μια παραδοσιακή γραμμική πρόβλεψη βασισμένη σε παλινδρόμηση.

Τέλος, πολύ χρήσιμη έρευνα αποδείχθηκε των Jha & Pande (2021), στην οποία εξετάστηκε η χρήση του Prophet και του μοντέλου ARIMA για την πρόβλεψη πωλήσεων με δεδομένα πωλήσεων επίπλων σ' ένα σούπερ μάρκετ. Αναφορικά με την ακρίβεια των προβλέψεων για χρονοσειρές με χαμηλό σφάλμα, ο αλγόριθμος Prophet φαίνεται να παρουσιάζει πολύ καλή απόδοση με το απαιτούμενο tuning των υπέρ-παραμέτρων. Παρόμοιες ενέργειες έγιναν και στην δική μας εφαρμογή του μοντέλου Prophet. Αρχικά, συλλέξαμε τα δεδομένα από τη βάση Του ομίλου με SQL Queries. Στην συνέχεια πραγματοποιήσαμε καθαρισμό δεδομένων που συμπεριλαμβάνει: την αφαίρεση περιττών στηλών και ανεπιθύμητων τιμών που λείπουν. Επίσης, γίνεται η μετονομασία των στηλών σε «ds» (στήλη ημερομηνιών) και «y» (στήλη τιμής πρόβλεψης) για την ορθή λειτουργία του μοντέλου μας. Έπειτα, πραγματοποιείται οπτικοποίηση με γραφήματα για το dataset μας και τις τιμές πρόβλεψης που έγιναν. Επιπλέον, υπολογίζονται τα μετρικά για το ριζικό μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RSME) και για το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (MAPE) με σκοπό την αξιολόγηση του μοντέλου. Στην δική μας περίπτωση, επειδή υπάρχει η δυνατότητα να αντλήσουμε τα δεδομένα πρόβλεψης από τη βάση του ομίλου, η αξιολόγηση των τιμών πρόβλεψης με τις πραγματικές τιμές γίνεται ευκολότερη βρίσκοντας άπλα την απόκλιση που έχουμε στα δεδομένα. Τέλος, γίνεται η οπτικοποίηση των δεδομένων πρόβλεψης σε σχέση με τα πραγματικά δεδομένα.

Κεφάλαιο 3

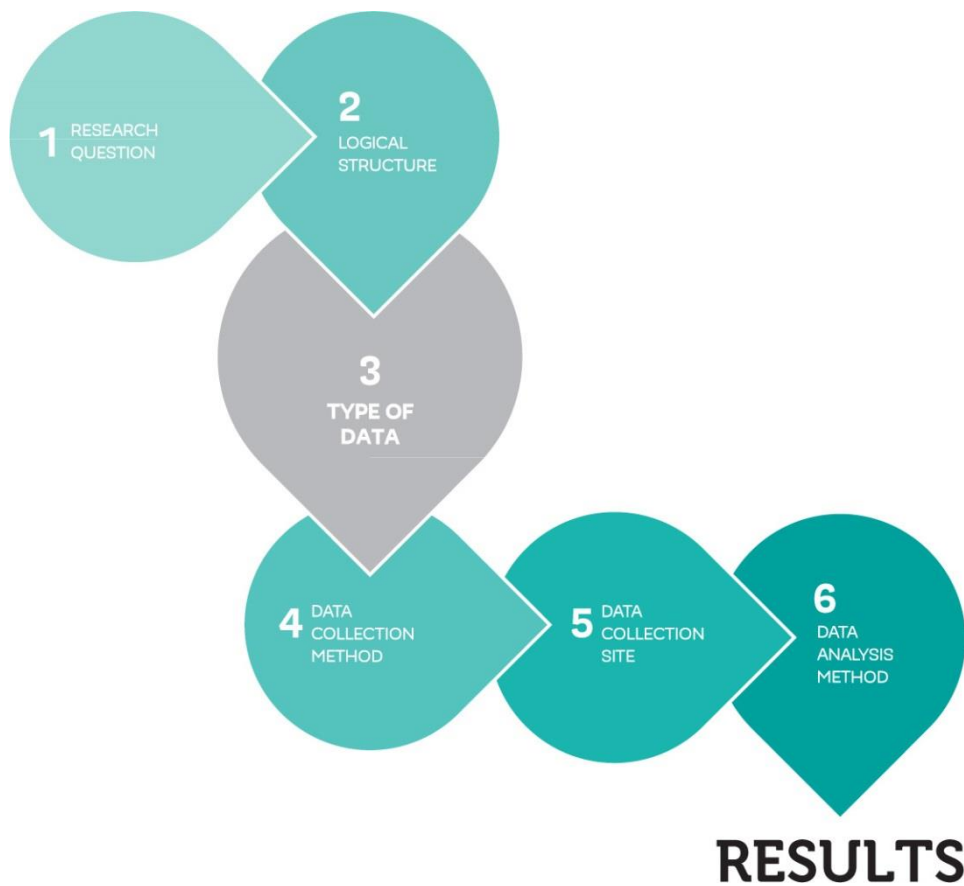
Μεθοδολογία

3.1 Ανάλυση Case Study

Σύμφωνα με τον Spickard (2016), και το βιβλίο του “*Research basics: Design to data analysis in six steps*”, η ανάλυσή μας θα γίνει σε έξι βήματα. Αρχικά, στο πρώτο βήμα θα διατυπώσουμε το ερώτημα μας: Οι συνδρομητές που μεταβαίνουν από υπηρεσίες χαλκού σε οπτικής ίνας, δηλώνουν με την ίδια συχνότητα βλάβη; Σε πόσο χρονικό διάστημα δηλώνεται η πρώτη βλάβη μετά από την μετατροπή τους; Συναντάμε αλλαγές στον τρόπο επίλυσης των βλαβών χαλκού σε σχέση με την οπτική ίνα; Υπήρξε αποτελεσματική η καμπάνια δωρεάν αναβάθμισης στους πελάτες χαλκού; Πώς θα κινηθεί σε μελλοντικό χρόνο η τάση εισροής νέων πελατών στον όμιλο Ο.Τ.Ε.; Για να απαντηθούν όλα τα ερωτήματα πρέπει να προχωρήσω στο βήμα δύο και να δημιουργήσω την λογική δομή της ανάλυσης μου. Ο Spickard (2016), αναφέρει ότι στο 2^ο βήμα “Logical Structure”, και αφού έχουμε συντάξει το ερώτημα μας στο βήμα 1, πρέπει να βρούμε τον τρόπο με τον οποίο θα απαντήσουμε σε αυτό. Στην δική μας περίπτωση όλες οι ερωτήσεις που καλούμαστε να απαντήσουμε αφορούν στην σύγκριση των συνδρομητών χαλκού και οπτικής ίνας. Στη συνέχεια των έξι βημάτων του Spickard (2016), στο βιβλίο του συναντάμε τον τύπο των δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε. Τα δεδομένα που θα αναλύσω ανακτήθηκαν με SQL κώδικα στο Data Warehouse του ομίλου ΟΤΕ, σεβόμενοι πάντα τα προσωπικά δεδομένα των πελατών μας. Η βάση δεδομένων του ομίλου ΟΤΕ αποθηκεύει δεδομένα κατά την διαδικασία κλήσης των πελατών για δημιουργία βλάβης και στην συνέχεια προωθείται στο αντίστοιχο επίπεδο προς επίλυση. Εμείς επικεντρωνόμαστε στους πελάτες χαλκού και οπτικής ίνας που αντιμετώπισαν κάποια βλάβη 60 μέρες πριν πραγματοποιήσουν κάποια αλλαγή/αναβάθμιση στο συμβόλαιό τους και 60 μέρες μετά από τις αλλαγές που πραγματοποίησαν. Τα δεδομένα αυτά αφορούν το χρονικό διάστημα από 1 Ιανουαρίου 2021 έως 14 Μαΐου 2023 .

Σύμφωνα με την παραπάνω παράγραφο, έχουμε φτάσει στο βήμα 6 το οποίο είναι η μέθοδος που θα πραγματοποιήσουμε την ανάλυση μας. Έχουμε στη διάθεσή μας και

ποιοτικές και ποσοτικές τιμές για να κάνουμε τις συγκρίσεις που πρέπει ώστε απαντηθούν τα ερωτήματά μας. Στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί μια Predictive analysis για να προβλέψουμε την κίνηση των νέων πελατών μέχρι το τέλος του 2023. Αυτό θα μας βοηθήσει να αναδείξουμε εάν υπάρχει αυξητική τάση νέων πελατών οπτικής ίνας στον Ο.Τ.Ε. και βάσει της προηγούμενης ανάλυσης το όφελος που θα έχει ο όμιλος.



Εικόνα 6. Research basics: Design to data analysis in six steps [πηγή : Spickard, J. V. (2016)].

3.2 Μοντέλο πρόβλεψης fbPROPHEΤ

Το Prophet είναι ένα εργαλείο πρόβλεψης δεδομένων χρονοσειρών που βασίζεται σε ένα προσθετικό μοντέλο, σχεδιασμένο να προσαρμόζεται καλύτερα σε χρονοσειρές με έντονες εποχικές παρατηρήσεις. Αυτό το μοντέλο λαμβάνει υπόψη του τις ετήσιες, εβδομαδιαίες και ημερήσιες εποχικότητες, καθώς και τις επιπτώσεις των διακοπών. Το μοντέλο αυτό λειτουργεί με αρκετή αποτελεσματικότητα σε δεδομένα χρονοσειρών που

παρουσιάζουν έντονες εποχιακές μεταβολές και διαθέτουν αρκετά παρελθοντικά δεδομένα. Η διαδικασία αυτή είναι ανθεκτική σε κενά στα δεδομένα και μπορεί να αντιμετωπίσει με αποτελεσματικό τρόπο αλλαγές στις τάσεις, καθώς επίσης μπορεί να διαχειριστεί επιτυχώς τις ακραίες τιμές (<https://pyri.org/project/fbprophet/>).

Το Prophet αναπτύχθηκε από την ομάδα Core Data Science του Facebook (εξ ου και η ευρέως διαδεδομένη ονομασία του fbProphet) και είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα, διαθέσιμο για το κοινό. Η ανοιχτή φύση του επιτρέπει στους χρήστες να το προσαρμόσουν και να το βελτιώσουν ανάλογα με τις ανάγκες και τις προδιαγραφές τους, ρυθμίζοντας την πληθώρα των παραμέτρων τους αναλόγως με τα δεδομένα που κατέχουν.

Επιπλέον, το FBprophet είναι ένα εργαλείο πρόβλεψης δεδομένων χρονοσειρών που βασίζεται σε μια αποσυνθέσιμη εξίσωση, η οποία συνδυάζει διάφορα συστατικά για να προσαρμοστεί στις δομές των χρονοσειρών (Chafiq, Ouadoud & Elboukhari, 2020). Η εξίσωση του μοντέλου είναι:

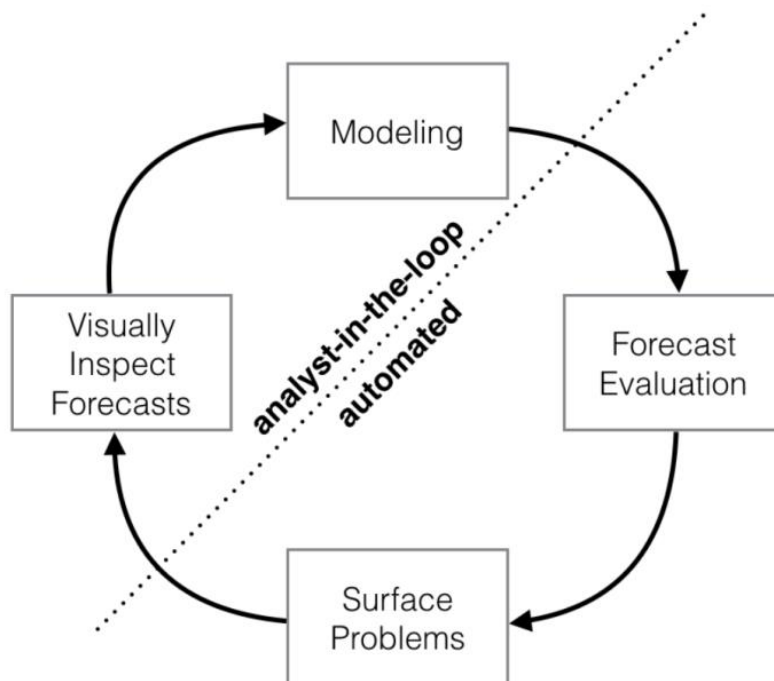
$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \epsilon t$$

Αυτό το μοντέλο αποτελείται από τρία βασικά συστατικά, σύμφωνα πάντα και με το άρθρο των Chafiq, Ouadoud και Elboukhari (2020) :

1. **g(t)**: Αντιπροσωπεύει τη συνάρτηση τάσης. Αυτό μπορεί να είναι μια τμηματικά γραμμική ή λογιστική ανάπτυξη που προσαρμόζεται στις μη περιοδικές αλλαγές της χρονοσειράς. Εδώ αντιλαμβανόμαστε τις αλλαγές που συμβαίνουν με τον πέρασμα του χρόνου και δεν έχουν κάποιο περιοδικό μοτίβο.
2. **s(t)**: Αντιπροσωπεύει τις περιοδικές αλλαγές ως εποχικότητα εβδομάδας ή/και έτους. Αυτό το συστατικό αποτυπώνει τις κύκλους και τα μοτίβα που επαναλαμβάνονται κατά κύκλους κάθε εβδομάδα ή κάθε έτος.
3. **h(t)**: Αντιπροσωπεύει τις επιπτώσεις των εορτών ή άλλων ακανόνιστων γεγονότων που εμφανίζονται σε απρόβλεπτα χρονικά σημεία, όπως ημέρες διακοπών.

4. **ετ**: Αντιπροσωπεύει οποιαδήποτε ασυνήθιστη αλλαγή που δεν μπορεί να εξηγηθεί από τα προηγούμενα συστατικά του μοντέλου. Πρόκειται για τυχαίες διακυμάνσεις και μη τυχαίες ανωμαλίες που δεν μπορούν να προβλεφθούν.

Μέσω αυτών των συστατικών, το FBprophet επιχειρεί να αποσυνθέσει τη χρονοσειρά μας σε τάση, εποχικότητα και επιπτώσεις εορτών και να εξηγήσει τα διάφορα μοτίβα και παρατηρήσεις που περιέχονται σε αυτήν. Επιτρέπει συνεπώς να διαχειριστούμε καλύτερα τα δεδομένα μας και να πραγματοποιήσουμε πιο ακριβείς προβλέψεις. Με τη βοήθεια της παραπάνω αποσύνθεσης μας δίνεται η δυνατότητα να ορίσουμε στα δεδομένα μας συγκεκριμένα χρονικά σημεία κατά τα οποία μπορεί να παρουσιαστούν ανωμαλίες (outliers). Το χρονικό αυτό διάστημα μπορεί να είναι απλά μια μέρα, συγκεκριμένες μέρες, εβδομάδες κ.α. Για παράδειγμα στα δεδομένα μας μπορούμε να ορίσουμε την περίοδο όπου ξεκίνησε η χρήση των Vouchers της δράσης sfbb η οποία προαναφέρθηκε.



Εικόνα 7. Time Series Analysis - A quick tour of fbProphet [πηγή : « <https://medium.com/analytics-vidhya/time-series-analysis-a-quick-tour-of-fbprophet-cbbfbffdf9d8> » Samip Timalsema , 2020]

3.3 Βασικά Πλεονεκτήματα σε σύγκριση με το ARIMA

Πολύ σημαντική είναι οι αναφορά των κυρίων πλεονεκτημάτων του Prophet έναντι του μοντέλου «ARIMA» (Taylor & Letham, 2018):

- Η προσέγγιση αυτή μας επιτρέπει να προσαρμόσουμε εύκολα την εποχικότητα, συμπεριλαμβάνοντας πολλαπλές περιόδους και επιτρέποντας στους αναλυτές να κάνουν διαφορετικές υποθέσεις σχετικά με τις τάσεις.
- Αντίθετα με τα μοντέλα ARIMA, δεν είναι απαραίτητες οι συνεχόμενες μετρήσεις και δεν χρειάζεται να προσθέσουμε τιμές που λείπουν (π.χ. μέσω αναπλήρωσης δεδομένων), όπως στην αφαίρεση ακραίων τιμών (missing values).
- Η διαδικασία είναι πολύ γρήγορη επιτρέποντας στον αναλυτή να εξερευνήσει διακρατικά πολλές προδιαγραφές μοντέλων.
- Το μοντέλο πρόβλεψης έχει εύκολα ερμηνεύσιμες παραμέτρους που μπορούν να αλλάξουν με τον αναλυτή να επιβάλει υποθέσεις για την πρόβλεψη. Επιπλέον, οι αναλυτές μπορούν συνήθως να επεκτείνουν το μοντέλο εύκολα για να συμπεριλάβουν νέα εξαρτήματα και να κάνουν πιο λεπτομερείς προβλέψεις.

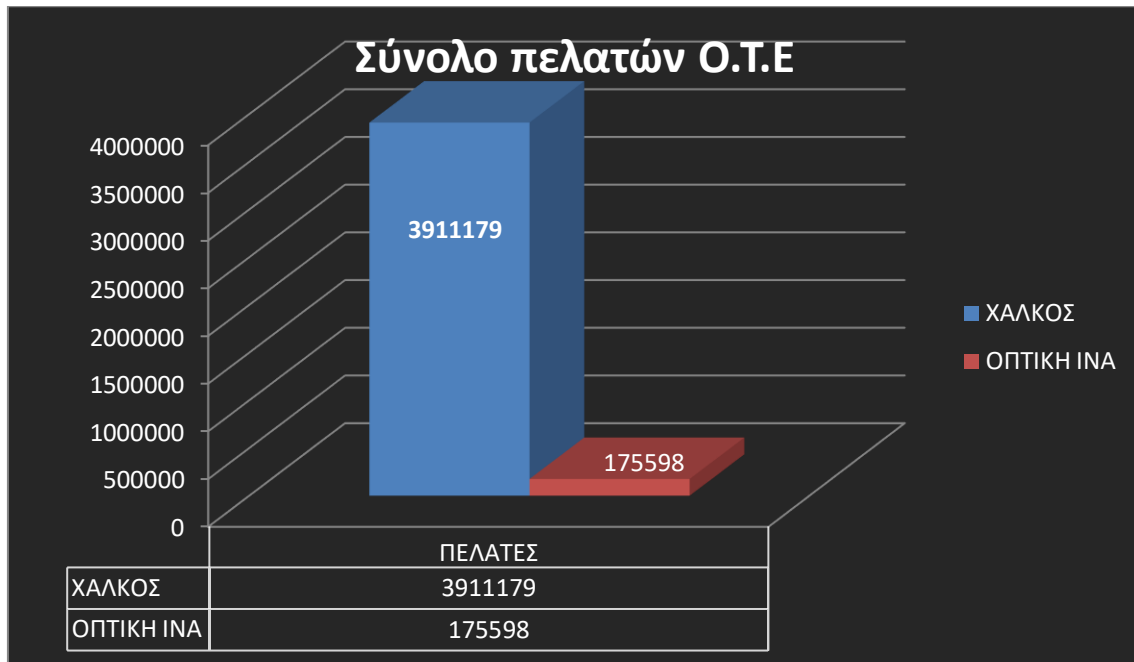
Κεφάλαιο 4

4.1 Σύγκριση των πελατών οπτικής ίνας με τους πελάτες χαλκού στον Όμιλο ΟΤΕ.

Τα δεδομένα που θα αναλύσω, ανακτήθηκαν με SQL κώδικα στο Data Warehouse του ομίλου ΟΤΕ, σεβόμενοι πάντα τα προσωπικά δικαιώματα των πελατών μας. Η βάση δεδομένων του ομίλου ΟΤΕ αποθηκεύει δεδομένα των πελατών του εδώ και χρόνια, αλλά για την ανάλυση που θα πραγματοποιήσουμε, θα ανακτηθούν δεδομένα από το 2021 και μετά, διότι, όπως προαναφέρθηκε, ήταν και η χρονιά- σταθμός με την πρώτη ενεργοποίηση συνδρομητή οπτικής ίνα σε FTTH.

Η δράση του «Superfast Broadband» (SFBB) είναι υπεύθυνη για την επιδότηση -μέσω κουπονιού- εγκατάστασης και ενεργοποίησης της οπτικής ίνας στον χώρο του πελάτη (FTTH). Η δράση αυτή αφορούσε οικιακούς και επιχειρησιακούς πελάτες και ήταν αυτή που έδωσε το κίνητρο στους συνδρομητές να ξεκινήσουν μια τέτοια διαδικασία.

Στην βάση δεδομένων του ομίλου ΟΤΕ εντοπίστηκαν συνολικά **4.086.777** πελάτες, εκ των οποίων **3.911.179** έχουν υπηρεσίες σε γραμμές χαλκού και **175.598** έχουν υπηρεσίες οπτικής ίνας FTTH. Με τα δεδομένα αυτά βλέπουμε ότι τα ποσοστά πελατών οπτικής ίνας στον όμιλο παραμένουν μικρά, καθώς μόλις το **4.29%** του συνολικού πελατολόγιου του ΟΤΕ έχει FTTH υπηρεσίες. Οι αιτίες για το παραπάνω χαμηλό ποσοστό σύμφωνα με άρθρο του Τσουλάκη (2023), είναι το «φρένο» που βάζουν σε πολλές περιοχές οι τοπικές αντιδράσεις των δήμων αλλά και η γραφειοκρατία που υπάρχει.



Εικόνα 8. Συνολικός αριθμός πελατών χαλκού και οπτικής ίνας.

4.2 Συχνότητα δήλωσης Συνδρομητικών Βλαβών

Στην πρώτη φάση της ανάλυσης μας θέλω να συγκρίνω τα δυο είδη πελατών (οπτικής ίνας και χαλκού), για να διαπιστώσουμε εάν με την μέχρι τώρα πορεία της οπτικής ίνας έχει βελτιωθεί η εισροή των βλαβών⁷ ή εάν αυτή έχει επιδεινωθεί.

Αρχικά, για να γίνει αυτή η σύγκριση, πρέπει να εξάγω δεδομένα από τη βάση συγκρίνοντας όμοιες τηλεπικοινωνιακές γραμμές. Για αυτό ελέγχθηκαν οι γραμμές χαλκού που πραγματοποίησαν αναβάθμιση στις υπηρεσίες τους, αλλά παρέμειναν στον χαλκό. Στα δεδομένα που εξάγαμε αναλύουμε **307.131** πελάτες χαλκού, οι οποίοι πραγματοποίησαν αλλαγή στην γραμμή τους και **20.876** αντίστοιχους πελάτες οπτικής ίνας. Παρατηρούμε πολύ μεγάλη αύξηση στην εισροή βλαβών στους πελάτες χαλκού που παρά την όποια αναβάθμιση υλοποίησαν στην γραμμή τους (αναβάθμιση από 24 Mbps σε 50, 100, 200 Mbps), συνέχισαν να έχουν οι έξι στους δέκα βλάβη. Αντιθέτως, οι πελάτες που είχαν ήδη υπηρεσίες οπτικής ίνας και πραγματοποίησαν κάποια αναβάθμιση (από 100Mbps σε 200, 300, 500 Mbps ,1 Gbps), μείωσαν την εισροή βλαβών κατά **13.3%**, ποσοστό πολύ ελπιδοφόρο για το μέλλον της ίνας στην Ελλάδα.

⁷ Η καταχώρηση νέων βλαβών

Στον παρακάτω πίνακα, ωστόσο, μπορούμε να οδηγηθούμε και σ' ένα ακόμη θεμελιώδες συμπέρασμα για την οπτική ίνα. Οι πελάτες χαλκού που αναβαθμίστηκαν σε οπτική ίνα μείωσαν και αυτοί τα ποσοστά βλαβών που είχαν κατά **17.9%**.

Πίνακας 1. Σύγκριση εισροής βλαβών χαλκού και οπτικής ίνας πριν και μετά την αναβάθμισή τους.

Είδος Συνδρομητή	Πριν την αναβάθμιση ίνα	Μετά την αναβάθμιση σε ίνα
Χαλκός	38,75%	61,25%
Οπτική ίνα	56,65%	43,35%

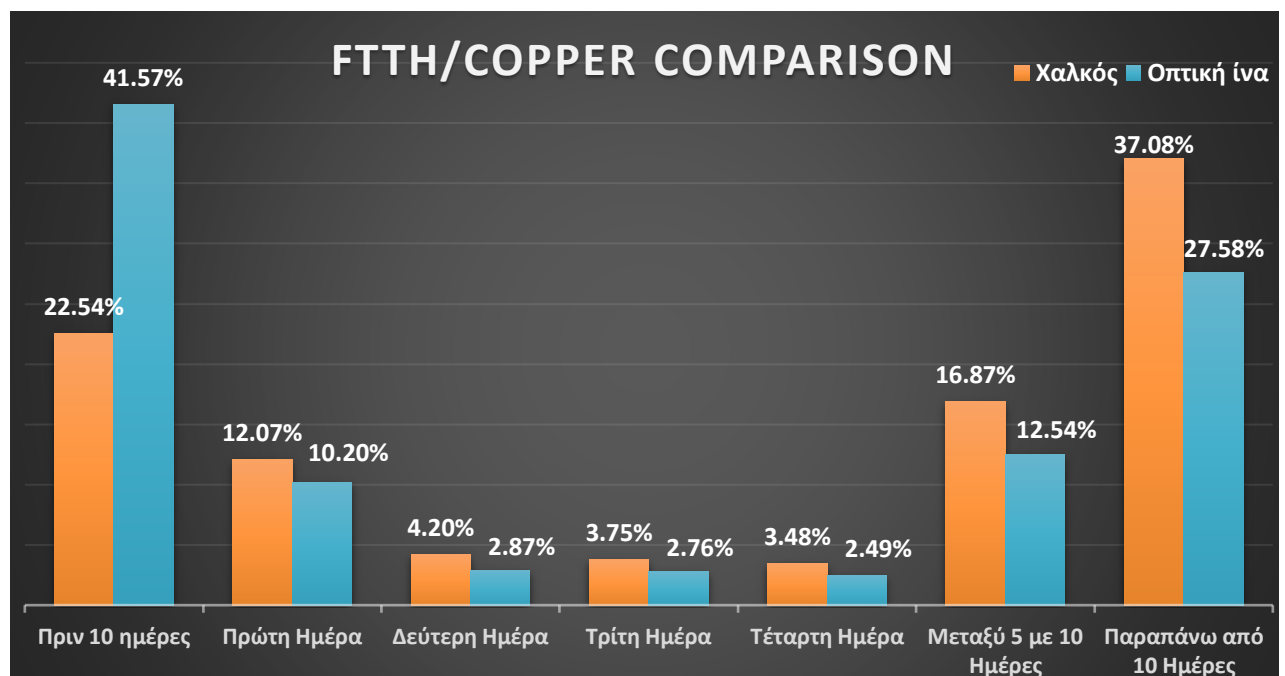
4.3 Χρονικό διάστημα δήλωσης πρώτης βλάβης

Συνεχίζοντας την ανάλυση, ελέγχουμε το χρονικό διάστημα το οποίο διανύθηκε μέχρι να δηλωθεί η πρώτη βλάβη από τον πελάτη, αφού έκανε οποιαδήποτε αλλαγή στις υπηρεσίες του. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα και το γράφημα που υλοποίησα, διαπιστώνεται ότι σε όλες τις χρονικές φάσεις των αλλαγών η εισροή των βλαβών στον όμιλο είναι πολύ μεγαλύτερη στους πελάτες χαλκού από τους πελάτες οπτικής ίνας εκτός από το διάστημα πριν την μετατροπή τους. Αυτό μας δείχνει ότι **41,57%** των πελατών αντιμετώπιζαν προβλήματα στην γραμμή τους (χαλκός) πριν μεταβούν σε υπηρεσίες οπτικής ίνας. Η έρευνα της δημοσιογράφου Maxine Frith (2018), επιβεβαιώνει τα αποτελέσματά μας, καθώς με έρευνα της στους πελάτες «fiber to the home» σε χώρες της Ευρώπης, διαπιστώνει ότι η οπτική ίνα τείνει να βελτιώσει την πλοήγηση των συνδρομητών της. Συγκεκριμένα, στο άρθρο της η Maxine Frith (2018), αναφέρει ότι οι πελάτες FTTH στην Σουηδία όχι μόνο είναι περισσότερο από δύο φορές πιο ικανοποιημένοι με την υπηρεσία τους, αλλά είναι επίσης πιθανότερο να καταναλώνουν πιο πολύ χρόνο στο διαδίκτυο, είναι πρόθυμοι να πληρώσουν περισσότερα χρήματα και να αυξάνεται η ταχύτητα σύνδεσής τους και κατά συνέπεια η αξία των σπιτιών τους (Maxine, 2018).

Σύμφωνα πάντα και με τον παρακάτω πίνακα, βλέπουμε ότι στις πρώτες δέκα ημέρες μετά την αλλαγή των συνδρομητών, οι πελάτες οπτικής ίνας αντιμετωπίζουν λιγότερες βλάβες στις υπηρεσίες τους. Ο χαλκός φέρνει μια εισροή της τάξης του 40,37%, ενώ οι πελάτες οπτικής ίνας το πρώτο δεκαήμερο μετά την αλλαγή τους δηλώνουν βλάβες σε ποσοστό 30,86%. Καταλήγουμε, επομένως, ότι η οπτική ίνα απορροφά περίπου το **10%** των βλαβών του χαλκού, ποσοστό πολύ σημαντικό για την πορεία του Οργανισμού στο μέλλον⁸.

Πίνακας 2. Χρονικό διάστημα δήλωσης πρώτης βλάβης μετά τις αλλαγές συμβολαίων

Χρονικό Διάστημα	Ποσοστά βλαβών Χαλκού	Ποσοστά βλαβών Ίνας
Πριν 10 ημέρες	22,54%	41,57%
Πρώτη Ημέρα	12,07%	10,20%
Δεύτερη Ημέρα	4,20%	2,87%
Τρίτη Ημέρα	3,75%	2,76%
Τέταρτη Ημέρα	3,48%	2,49%
Μεταξύ 5 με 10 Ημέρες	16,87%	12,54%
Παραπάνω από 10 Ημέρες	37,08%	27,58%
Γενικό Άθροισμα	100,00%	100,00%



Εικόνα 9. Σύγκριση βλαβών οπτικής ίνας με βλάβες χαλκού.

⁸ Έχουμε διάφορα 10% σε βλάβες χαλκού και ίνας

Επιπλέον, κάτι που μας κεντρίζει το ενδιαφέρον, είναι το πολύ αυξημένο ποσοστό δήλωσης συνδρομητικών βλαβών την ίδια ημέρα που πραγματοποίησαν την μετατροπή τους σε οπτική ίνα αλλά και την επόμενη μέρα. Συγκεκριμένα, το **10,2%** των γραμμών που υλοποιούνται επιστρέφουν ως ελαττωματικές. Από την προσωπική μου εμπειρία αλλά και από την συζήτησή μου με συναδέλφους, η αυξημένη εισροή σε αυτό το χρονικό διάστημα οφείλεται στις εξής δύο αιτίες: κακοτεχνίες εργολαβικών εργασιών στο χώρο του πελάτη κατά την εγκατάσταση και ελλιπής εκπαίδευση πελατών.

Λόγω της αύξησης των αιτημάτων fiber to the home από τους πελάτες και της έλλειψης προσωπικού για την στήριξη τόσο των υφιστάμενων αλλά και των νέων πελατών οπτικής ίνας, οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι καταφεύγουν στην λύση των Εργολάβων. Αυτοί με τη σειρά τους αναλαμβάνουν την υλοποίηση των εργασιών στον χώρο του πελάτη. Βάσει της προσωπικής μου εμπειρίας, τον πρώτο χρόνο, οι εργασίες των εργολάβων είχαν αρκετές κακοτεχνίες με αποτέλεσμα υψηλά ποσοστά βλαβών.

Επιπρόσθετα, διαφημίζεται η υπηρεσία στον πελάτη και η αναβάθμιση της ταχύτητας του χωρίς να γνωρίζει ο καθένας τι είδους υπηρεσία είναι αυτή. Σε πολλές εργασίες στο χώρο του πελάτη διαπίστωσα σωστή παραδοτέα υπηρεσία, χωρίς όμως να υπάρχει κάλυψη 5G wifi από τις συσκευές του πελάτη, αλλά παλιές κάρτες δικτύων που δεν υποστηρίζουν μεγάλες ταχύτητες, παλαιές καλωδιώσεις κλπ. Σύμφωνα με το άρθρο των Casier et al. (2008), το κόστος για να παραδοθεί μια γραμμή FTTH, στην πόλη Zele στο Βέλγιο (με περίπου 10000 πελάτες), ανέρχεται σε 1500 ευρώ ανά οικία λαμβάνοντας υπόψη και τον νέο εξοπλισμό στο φυσικό επίπεδο της οικίας. Οπότε καταλήγουμε ότι σε πολλές περιπτώσεις η γραμμή παραδίδεται σωστά, αλλά εξαιτίας κακής ενημέρωσης του πελάτη αλλά και λόγω έλλειψης συμβατού εξοπλισμού, ο πελάτης επανέρχεται δηλώνοντας βλάβη.

4.4 Σύγκριση συμπτωμάτων Δήλωσης Βλαβών.

Αναμφισβήτητα ένα από τα σημαντικότερα πράγματα που πρέπει να συγκρίνουμε είναι ο λόγος που δηλώνουν βλάβες οι πελάτες χαλκού και να τον συγκρίνουμε με τους πελάτες fiber (πριν και μετά από τις αλλαγές τους).

i. Συμπτώματα Βλαβών χαλκού πριν την αλλαγή Συμβολαίου.

Η μελέτη μας ξεκινά με τους πελάτες χαλκού και θα ελέγξουμε τα επικρατέστερα συμπτώματα/αιτίες βλαβών που είχαν και τον τρόπο επίλυσής τους. Βάσει των δεδομένων μας που αναλύθηκαν, διαπιστώνουμε ότι η πλειοψηφία των πελατών είχαν έντονα προβλήματα με αποσυνδέσεις στη γραμμή τους, με παράπονα μη συγχρονισμού της γραμμής και ότι οι τιμές συγχρονισμού τους ήταν χαμηλότερες⁹ από τις ονομαστικές του συμβολαίου τους.

Πίνακας 3. Επικρατέστερα συμπτώματα¹⁰ Βλαβών Χαλκού πριν την αλλαγή τους.

Σύμπτωμα Βλαβών Χαλκού	Πριν την αλλαγή Συμβολαίου
Αποσυνδέσεις - Απώλεια συγχρονισμού	33,50%
Δε συγχρονίζει	27,17%
Χαμηλός συγχρονισμός	22,59%
TOP_REST_SYMPTOMS	6,76%
Νεκρό	5,68%
Συγχρονίζει, δεν παίρνει IP	1,81%
REST	1,45%
Πρόβλημα στην Τηλεφωνία	0,69%
Δυσλειτουργία Εξοπλισμού	0,36%

ii. Συμπτώματα Βλαβών χαλκού μετά την αλλαγή Συμβολαίου.

Η εικόνα που μας δίνουν τα δεδομένα μας για τους πελάτες χαλκού μετά την αλλαγή στο συμβόλαιό τους (παραμένοντας σε υπηρεσίες χαλκού) παραμένουν όμοιες και με τα αποτελέσματα πριν την αλλαγή ταχύτητας. Επικρατέστερα συμπτώματα εξακολουθούμε να βλέπουμε, δηλαδή ότι η γραμμή δε συγχρονίζει, τις αποσυνδέσεις και ότι ο συγχρονισμός είναι χαμηλότερος από το συμβόλαιο που πληρώνει ο πελάτης.

⁹ Οι τιμές συγχρονισμού του εξοπλισμού ήταν χαμηλότερες από αυτές που χρεώνεται

¹⁰ Ο τρόπος καταχώρησης των Βλαβών από τα τηλεφωνικά κέντρα

Πίνακας 4. Επικρατέστερα συμπτώματα Βλαβών Χαλκού μετά την αλλαγή τους.

Σύμπτωμα Βλαβών Χαλκού	Μετά την αλλαγή Συμβολαίου
Δε συγχρονίζει ¹¹	32,29%
Αποσυνδέσεις - Απώλεια συγχρονισμού ¹²	31,28%
Χαμηλός συγχρονισμός	17,89%
TOP_REST_SYMPTOMS	7,59%
Νεκρό ¹³	5,38%
Συγχρονίζει, δεν παίρνει IP ¹⁴	2,92%
REST	1,60%
Πρόβλημα στην Τηλεφωνία	0,72%
Δυσλειτουργία Εξοπλισμού ¹⁵	0,34%

Από τα τρία επικρατέστερα συμπτώματα που βλέπουμε στον πίνακα, και θέλοντας να εμβαθύνουμε περισσότερο στα δεδομένα μας, μελετήθηκε ο τρόπος επίλυσης των βλαβών από τους τεχνικούς του ομίλου.

Πίνακας 5. Έλεγχος επικρατέστερων Συμπτωμάτων και του τρόπου επίλυσής τους.

Σύμπτωμα Βλαβών Χαλκού	Πριν την αλλαγή	Μετά την αλλαγή
Αποσυνδέσεις - Απώλεια συγχρονισμού	32,21%	29,84%
Επιβεβαίωση υπηρεσίας έπειτα από απαιτούμενες μετρήσεις	7,23%	7,15%
Ανεφικτότητα Υπηρεσίας - Ενημέρωση πελάτη	6,67%	2,43%
Αλλαγή πόρτας DSLAM ¹⁶	2,56%	2,88%

Δε συγχρονίζει	27,17%	32,29%
Επιβεβαίωση υπηρεσίας έπειτα από απαιτούμενες μετρήσεις ¹⁷	4,40%	4,53%
Ανεφικτότητα Υπηρεσίας - Ενημέρωση πελάτη ¹⁸	4,21%	2,34%
Αλλαγή/ Επιδιόρθωση μικτονόμησης ¹⁹	3,32%	4,70%

¹¹ Το Router δεν έχει συγχρονισμό

¹² Η γραμμή κόβεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα

¹³ Η γραμμή δεν έχει τάση και τηλεφωνικό τόνο

¹⁴ Η γραμμή συγχρονίζει αλλά δεν υπάρχει πρόσβαση στο Internet

¹⁵ Χαλασμένος εξοπλισμός

¹⁶ Αλλαγή πόρτας Internet σε καταναμητή Ο.Τ.Ε.

¹⁷ Ο τεχνικός έκανε τις απαραίτητες μετρήσεις και δεν εντοπίστηκε βλάβη

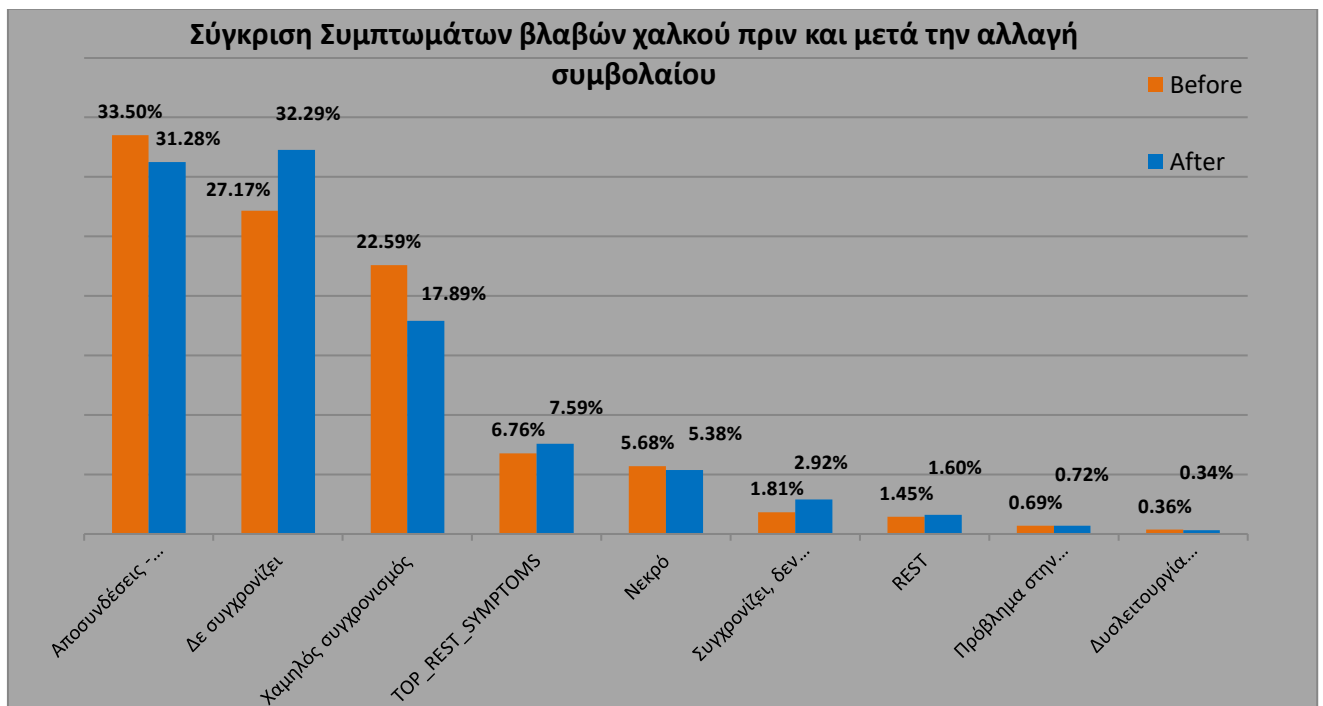
¹⁸ Ευθύνης Ο.Τ.Ε. δεν μπορούν να παρέχουν την συγκεκριμένη υπηρεσία

¹⁹ Λανθασμένη σύνδεση καλωδίων είτε σε πελάτη είτε σε κόμβο Ο.Τ.Ε.

Χαμηλός συγχρονισμός	22,59%	17,90%
Ανεφικτότητα Υπηρεσίας - Ενημέρωση πελάτη	13,53%	6,13%
Επιβεβαίωση υπηρεσίας έπειτα από απαιτούμενες μετρήσεις	2,12%	2,13%
Αλλαγή ζεύγους ²⁰	1,07%	1,60%

Στις βλάβες πριν την αλλαγή διαπιστώνουμε ότι οι επικρατέστεροι τρόποι επίλυσης των βλαβών είναι οι μετρήσεις των γραμμών χωρίς να γίνεται καμία ενέργεια ή η ανεφικτότητα παροχής υπηρεσίας στον πελάτη.

Στις βλάβες μετά την αλλαγή συμβολαίου η κατάσταση είναι κάπως διαφορετική με επίλυση είτε με διορθώσεις στο δίκτυο είτε με ανεφικτότητα παροχής υπηρεσίας σε περιπτώσεις συμπτωμάτων χαμηλού συγχρονισμού.



Εικόνα 10. Σύγκριση συμπτωμάτων χαλκού πριν και μετά την αναβάθμισή τους.

²⁰ Αλλάχθηκε ζεύγος καλωδίου από κόμβο Ο.Τ.Ε. προς πελάτη

Σύμφωνα και με το παραπάνω γράφημα διαπιστώνεται μικρή βελτίωση στην εισροή με συμπτώματα Αποσυνδέσεων και Χαμηλού συγχρονισμού, ωστόσο σε όλα τα υπόλοιπα βλέπουμε σημαντική αύξηση.

iii. Συμπτώματα Βλαβών FTTH πριν την αλλαγή Συμβολαίου.

Στη συνέχεια της ανάλυσής μας θα ελέγξουμε τα δεδομένα συνδρομητών οπτικής ίνας. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε πελάτες οπτικής ίνας πριν πραγματοποιήσουν αλλαγές στις υπηρεσίες τους. Τα ποσοστά και σ' αυτή την περίπτωση που ξεχωρίζουν είναι ότι ο πελάτης δε συγχρονίζει, ότι υπάρχουν αποσυνδέσεις στις υπηρεσίες του πελάτη και ότι ο συγχρονισμός είναι μικρότερος από το συμφωνηθέν συμβόλαιο.

Πίνακας 6. Επικρατέστερα συμπτώματα Βλαβών Ίνας πριν την αλλαγή τους.

Σύμπτωμα Βλαβών Ίνας	Πριν την αλλαγή Συμβολαίου
Δε συγχρονίζει	33,96%
Αποσυνδέσεις - Απώλεια συγχρονισμού	26,18%
Χαμηλός συγχρονισμός	15,59%
TOP_REST_SYMPTOMS	10,71%
Νεκρό	6,17%
Συγχρονίζει, δεν παίρνει IP	3,12%
REST	2,72%
Πρόβλημα στην Τηλεφωνία	1,02%
Δυσλειτουργία Εξοπλισμού	0,52%

iv. Συμπτώματα Βλαβών FTTH μετά την αλλαγή Συμβολαίου.

Τέλος, οι πελάτες οπτικής ίνας που πραγματοποίησαν αλλαγή συμβολαίου είδαν σημαντική βελτίωση στα Συμπτώματα Αποσυνδέσεων αλλά και χαμηλού συγχρονισμού που βλέπουμε την μεγαλύτερη μείωση ποσοστών. Αναλυτικότερα, ο χαμηλός συγχρονισμός είχε μείωση κατά **11,89%** και οι αποσυνδέσεις μειώθηκαν κατά **12,03%**.

Πίνακας 7. Επικρατέστερα συμπτώματα Βλαβών Ίνας μετά την αλλαγή τους.

Σύμπτωμα Βλαβών Ίνας	Μετά την αλλαγή Συμβολαίου
Δε συγχρονίζει	31,60%
Συγχρονίζει, δεν παίρνει IP	14,92%
Αποσυνδέσεις - Απώλεια συγχρονισμού	14,15%
TOP_REST_SYMPTOMS	13,76%
Νεκρό	10,40%
REST	8,92%
Χαμηλός συγχρονισμός	3,70%
Δυσλειτουργία Εξοπλισμού	1,43%
Πρόβλημα στην Τηλεφωνία	1,12%



Εικόνα 11. Σύγκριση συμπτωμάτων οπτικής ίνας πριν και μετά την αναβάθμισή τους.

* Στα σημεία που συναντάμε το σύμπτωμα 'Top_REST_SYMPTOMS' εμπεριέχονται τα εξής συμπτώματα: ('Δε συγχρονίζει-Πιθανό σφάλμα μικτονομίσης', 'Θόρυβος', 'Συχνές διακοπές τηλεφωνίας', 'Πρόβλημα εισερχομένων', 'Σωστός συγχρονισμός - χαμηλό downloading', 'Διακοπή Δικτύου', 'Πρόβλημα εξερχομένων', 'Μαζική βλάβη', 'Πρόβλημα ψηφιακών ευκολιών', 'Αντιστροφή', 'Υπόδειξη γραμμής', 'Μονόδρομη ακουστικότητα').

Όπως και στις περιπτώσεις χαλκού, έτσι και στο FTTH από τα τρία επικρατέστερα συμπτώματα που βλέπουμε στον πίνακα, μελετήθηκε ο τρόπος επίλυσης των βλαβών από τους τεχνικούς του ομίλου.

4.5 Ανάλυση συνδρομητικών βλαβών πριν και μετά την μετατροπή τους σε Fiber.

Τέλος δημιουργώντας νέο query στην βάση του ομίλου ΟΤΕ, θέλουμε να ελέγξουμε πόσο πραγματικά έχει επηρεάσει τους συνδρομητές η μετάβαση τους από χαλκό σε οπτική ίνα. Για τον λόγο αυτό, σε χρονικό διάστημα από 1 Ιανουαρίου 2021 έως 31 Μάιου 2023 επιλέγουμε μόνο τους πελάτες που έκαναν αλλαγή από υπηρεσίες χαλκού σε οπτική ίνα και έχουν δηλώσει βλάβη και με τις δύο υπηρεσίες. Έχοντας επιλέξει μόνο αυτό το δείγμα πελατών θέλουμε να ελέγξουμε πώς ολοκληρώνονται οι βλάβες από τους τεχνικούς μας, για να διαπιστωθεί ότι η μετάβαση σε Fiber έχει βελτιώσει την ζωή όλων μας.

Στην αρχή αυτής της ανάλυσης ελέγχουμε τα δεδομένα των συνδρομητών χαλκού και τον τρόπο ολοκλήρωσης της εργασίας από τους τεχνικούς μας. Η πρώτη διαπίστωση που μπορούμε να επισημάνουμε είναι ότι έχουμε τρομερή μείωση στην εισροή των βλαβών. 14.475 βλάβες δήλωσαν οι συνδρομητές πριν μεταβούν σε υπηρεσίες οπτικής ίνας. Αντιθέτως, κατά την μετάβασή τους σε οπτική ίνα, μόλις 3.153 πελάτες είχαν πρόβλημα στην υπηρεσία. Υπολογίζοντας, λοιπόν, την ποσοστιαία μεταβολή διαπιστώνουμε ότι:

Ποσοστό Μεταβολής : **-78.22 %** (Μείωση).

Ποσό μεταβολής: **-11322 βλάβες**.

Οι επιπτώσεις της οπτικής ίνας στους συνδρομητές που άλλαξαν από χαλκό σε αυτή, έφεραν τρομερή αλλαγή στην υπηρεσία τους, καθώς μείωσαν τις βλάβες τους κατά

78.22%. Καταλήγουμε ότι το FTTH απορροφά πάνω από το **78%** των βλαβών του χαλκού.

Πίνακας 8. Τρόποι επίλυσης βλαβών κατά την διάρκεια του χαλκού και κατά την διάρκεια την μετάβαση σε ίνα.

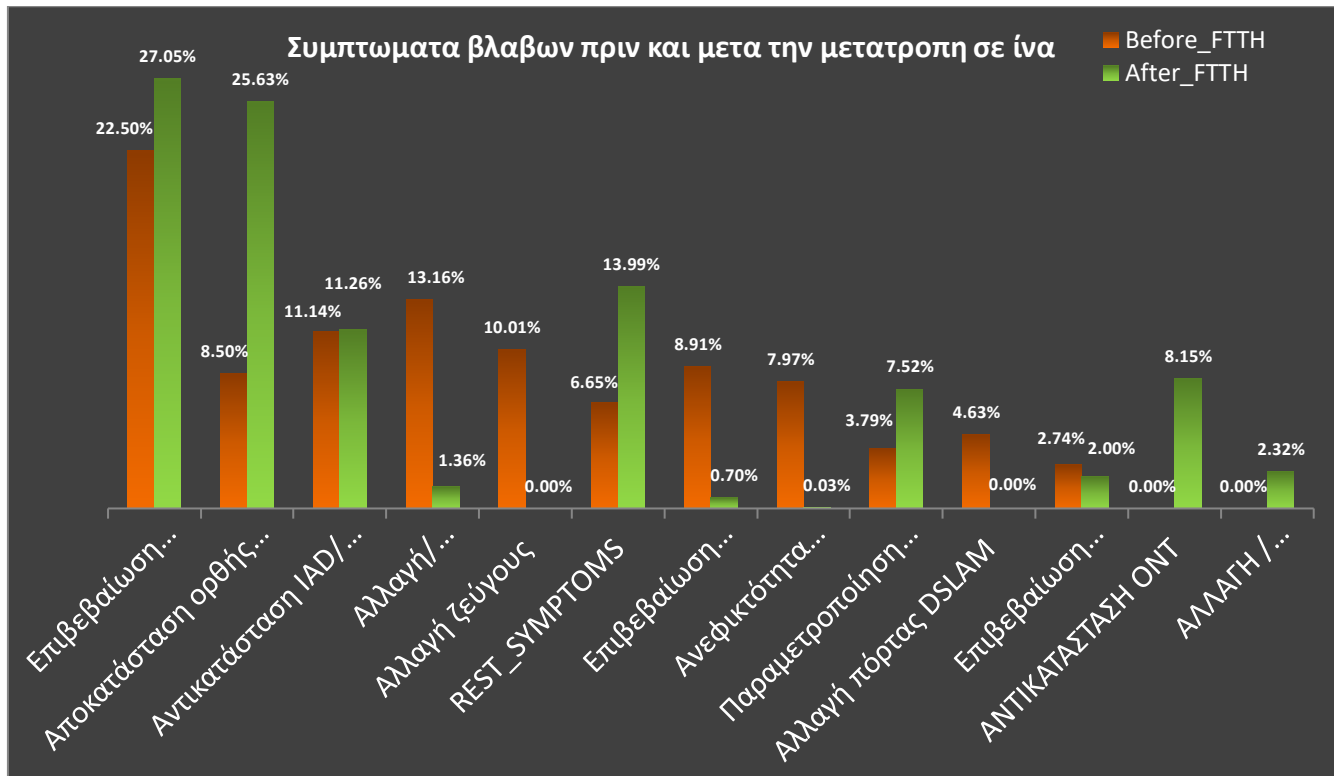
Τρόπος Επίλυσης	Πριν την αλλαγή σε ίνα	Μετά την αλλαγή σε ίνα	
Επιβεβαίωση υπηρεσίας έπειτα από απαιτούμενες μετρήσεις	22,50%	27,05%	↑
Αποκατάσταση ορθής συνδεσμολογίας (Χώρος πελάτη)	8,50%	25,63%	↑
Αντικατάσταση IAD/ Router	11,14%	11,26%	↑
Αλλαγή/ Επιδιόρθωση μικτονόμησης	13,16%	1,36%	↓
Αλλαγή ζεύγους	10,01%	0,00%	↓
REST_SYMPTOMS	6,65%	13,99%	↓
Επιβεβαίωση υπηρεσίας μέχρι escalit/ χαλύβδινο και οδηγίες/ ενημέρωση πελάτη	8,91%	0,70%	↓
Ανεφικτότητα Υπηρεσίας - Ενημέρωση πελάτη	7,97%	0,03%	↓
Παραμετροποίηση Router	3,79%	7,52%	↑
Αλλαγή πόρτας DSLAM	4,63%	0,00%	↑
Επιβεβαίωση υπηρεσίας έπειτα από απαιτούμενες μετρήσεις στο τελευταίο προσβάσιμο άκρο ευθύνης ΟΤΕ	2,74%	2,00%	↓
ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΝΤ	0,00%	8,15%	↑
ΑΛΛΑΓΗ / ΕΠΙΔΙΟΡΘΩΣΗ ΜΙΚΤΟΝΟΜΗΣΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ ΣΕ BCP/ΒΕΡ/ΒΒ	0,00%	2,32%	↑

Βάσει του παραπάνω πίνακα δεδομένων, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα για κάθε συμπτώματα βλάβης πριν και μετά την εγκατάσταση FTTH:

1. Επιβεβαίωση υπηρεσίας έπειτα από απαιτούμενες μετρήσεις: Το ποσοστό πελατών που επιβεβαιώνουν την υπηρεσία μετά από απαιτούμενες μετρήσεις αυξήθηκε από 22,50% σε 27,05%. Αυτό υποδηλώνει ότι η FTTH έχει βελτιώσει την αξιοπιστία της υπηρεσίας και την ικανοποίηση των πελατών.
2. Αποκατάσταση ορθής συνδεσμολογίας (Χώρος πελάτη): Σημαντική αύξηση παρατηρείται στον συγκεκριμένο τρόπο επίλυσης από τους τεχνικούς, από 8,50% σε 25,63%. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις αλλαγές που συνοδεύουν την εγκατάσταση FTTH και απαιτούν επιπλέον εργασίες για την σωστή συνδεσμολογία στον χώρο του πελάτη. Ακόμη, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ο πελάτης δεν είναι απόλυτα ενημερωμένος για τη νέα υπηρεσία που λαμβάνει

- και την ευαισθησία της. Ένα καθημερινό παράδειγμα που συναντούν οι τεχνικοί μετά από συνομιλία που είχα μαζί τους, είναι ότι οι πελάτες αλλάζουν θέση τις θύρες που συνδέουν το Router με το μετατροπέα της οπτικής ίνας (ONT) με αποτέλεσμα να μην μπορεί να συγχρονίσει.
3. Αντικατάσταση IAD/ Router: Σχεδόν σταθερό παραμένει το συγκεκριμένο ποσοστό, αυξάνοντας ελαφρώς από 11,14% σε 11,26%. Τα ποσοστά παραμένουν σχεδόν όμοια, διότι οι εξοπλισμοί και στις υπηρεσίες χαλκού αλλά και στις οπτικές ίνες είναι παραπλήσιοι με ελάχιστες διαφορές, όπως για παράδειγμα η εμβέλεια του Wi-Fi 5GHZ).
 4. Αλλαγή/Επιδιόρθωση μικτονόμησης: Παρατηρείται σημαντική μείωση στο ποσοστό αλλαγής/επιδιόρθωσης της μικτονόμησης από 13,16% σε 1,36%. Αυτό υποδηλώνει ότι η εγκατάσταση FTTH έχει βελτιώσει την ποιότητα της μικτονόμησης και έχει ελαττώσει τις απαιτήσεις επιδιόρθωσης.
 5. Επιβεβαίωση υπηρεσίας μέχρι escalit/γαλύβδινο και οδηγίες/ενημέρωση πελάτη: Το ποσοστό των πελατών που επιβεβαιώνουν την υπηρεσία μετά από μετρήσεις και λαμβάνουν οδηγίες ή ενημέρωση μειώθηκε από 8,91% σε 0,70%. Το ποσοστό των πελατών που επιβεβαιώνουν την υπηρεσία μετά από μετρήσεις και λαμβάνουν οδηγίες ή ενημέρωση μειώθηκε σημαντικά από 8,91% σε 0,70%. Αυτή η μείωση μπορεί να υποδεικνύει την ανάγκη για βελτίωση στην επικοινωνία και την παροχή πληροφοριών στους πελάτες σχετικά με την εγκατάσταση FTTH και τη χρήση της υπηρεσίας. Η διαπίστωση επιβεβαιώθηκε και παραπάνω στο 2^ο συμπέρασμα.
 6. Αλλαγή ζεύγους: Το ποσοστό πελατών που απαιτούσαν αλλαγή ζεύγους μειώθηκε σημαντικά από 10,01% σε 0,00%. Σε συνδυασμό με τα προηγούμενα συμπεράσματα της ανάλυσης του τρόπου επίλυσης των βλαβών, διαπιστώνεται ότι πλέον το FTTH έχει εξαλείψει την ανάγκη για οποιαδήποτε ενέργεια αλλαγής ζεύγους για παροχή καλύτερης υπηρεσίας.

7. REST SYMPTOMS: Το ποσοστό πελατών με υπόλοιπα συμπτώματα αυξήθηκε από 6,65% σε 13,99%. Αυτό υποδηλώνει ότι η FTTH ενδέχεται να έχει επηρεάσει την εμφάνιση νέων συμπτωμάτων ή προβλημάτων στην υπηρεσία.
8. Ανεφικτότητα Υπηρεσίας - Ενημέρωση πελάτη: Παρατηρείται σημαντική μείωση της ανεφικτότητας της υπηρεσίας και της ενημέρωσης προς τον πελάτη από 7,97% σε 0,03%. Αποδεικνύεται ότι η εγκατάσταση της FTTH έχει επιτρέψει μεγαλύτερη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας και ο πελάτης σε αντίθεση με τις υπηρεσίες χαλκού, λαμβάνει ό,τι ακριβώς πληρώνει και έχει συμφωνήσει με τον πάροχο.
9. Παραμετροποίηση Router: Το ποσοστό των πελατών που απαιτούν παραμετροποίηση του router αυξήθηκε από 3,79% σε 7,52%. Οι υπηρεσίες οπτικής ίνας απαιτούν περισσότερες προσαρμογές στις ρυθμίσεις των routers των πελατών οι οποίες απαιτούν μια περαιτέρω εξειδίκευση.
10. Αλλαγή πόρτας DSLAM: Ο αριθμός των πελατών που απαιτούσαν αλλαγή πόρτας DSLAM μειώθηκε από 4,63% σε 0,00%. Πλέον δεν υπάρχουν υπηρεσίες DSL, για αυτό και το συγκεκριμένο ποσοστό δεν απαιτεί ενέργειες επίλυσης από τους τεχνικούς.
11. Επιβεβαίωση υπηρεσίας έπειτα από απαιτούμενες μετρήσεις στο τελευταίο προσβάσιμο άκρο ευθύνης ΟΤΕ: Το ποσοστό των πελατών που επιβεβαιώνουν την υπηρεσία μετά από μετρήσεις στο τελευταίο προσβάσιμο άκρο ευθύνης του ΟΤΕ παραμένει σταθερό στο 2,00% έναντι του 2,74% πριν την εγκατάσταση FTTH. Αυτό υποδηλώνει ότι η εγκατάσταση της FTTH δεν έχει ουσιαστική επίδραση στην επιβεβαίωση της υπηρεσίας μέσω μετρήσεων στο τελευταίο προσβάσιμο άκρο ευθύνης της ΟΤΕ.



Εικόνα 12. Συμπτώματα βλαβών πριν και μετά την μετατροπή τους από χαλκό σε οπτική ίνα.

Τελικώς, σαν ένα γενικό πόρισμα μπορεί να αναφερθεί ότι η μετάβαση των πελατών σε υπηρεσίες οπτικής ίνας έχει βελτιώσει πολύ την εισροή βλαβών στον όμιλο και την αποτελεσματικότητα της υπηρεσίας προς τους πελάτες. Οι τεχνικοί του Ομίλου αντιμετωπίζουν πιο εύκολες εργασίες, αφού το Fiber to the Home έχει μεταφέρει την βλαβοδιαχείριση από τους εξωτερικούς χώρους, στο χώρο του πελάτη.

Κεφάλαιο 5

5.1 Καμπάνια δωρεάν αναβαθμίσεων στον όμιλο Ο.Τ.Ε.

Στο διάστημα κατά το οποίο κάνουμε την ανάλυση, συμπεριλαμβάνεται και η χρονική περίοδος όπου ο Ο.Τ.Ε. υλοποίησε την καμπάνια του επί 2, πραγματοποιώντας δωρεάν διπλασιασμό ταχυτήτων σε πελάτες χαλκού. Σύμφωνα με το επίσημο site της «Cosmote», τον Μάρτιο του 2022 ανακοινώθηκε ότι η αναβάθμιση των ταχυτήτων της σταθερής σύνδεσης στο ευρυζωνικό Internet για τους πελάτες (είτε είναι οικιακοί είτε εταιρικοί) της COSMOTE ξεκίνησε σταδιακά. Αυτού του είδους η αναβάθμιση αφορά συνδέσεις Double Play ή Business Double Play. Η κύρια στόχευση αυτής της αναβάθμισης είναι να παρέχει υψηλές ταχύτητες στο Internet και να εκμεταλλευτεί τις σύγχρονες δυνατότητες του σταθερού δικτύου για ένα μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού της χώρας. Προσθέτει επίσης, ότι η αναβάθμιση της σταθερής σύνδεσης στο Internet θα υλοποιηθεί χωρίς χρέωση στις περιοχές όπου δεν έχει εισαχθεί ακόμα οπτική ίνα, είτε στα σπίτια είτε στις επιχειρήσεις (“Cosmote: Δωρεάν Αναβάθμιση Ταχυτήτων”, 2022). Η δράση αυτή έφερε πολλά ερωτηματικά τόσο στους ανταγωνιστές όσο και στο management του ομίλου.

5.2 Έλεγχος αποτελεσματικότητας δωρεάν αναβαθμίσεων .

Για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα της καμπάνιας επί δύο για το 2022, ανατρέχουμε στην βάση δεδομένων του Ομίλου και αναζητούμε όλες τις αναβαθμίσεις που πραγματοποιήθηκαν στο έτος 2022-2023 στους πελάτες χαλκού από 15 Μαρτίου του 2022 μέχρι 8 Ιουνίου 2023.

Σύμφωνα με τα δεδομένα που εξάγαμε από την βάση δεδομένων του Ο.Τ.Ε. εντοπίσαμε να έχουν πραγματοποιηθεί **44.357** δωρεάν αναβαθμίσεις στον όμιλο εκ των οποίων οι **7.258 (16,36%)** πελάτες επέστρεψαν δυσαρεστημένοι αντιμετωπίζοντας βλάβη στην υπηρεσία τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πέραν της δυσαρέσκειας των πελατών, την αύξηση του αριθμού των βλαβών που καλούνται να αντιμετωπίσουν τα συνεργεία του ομίλου.

Πίνακας 9. Ποσοστά βλαβών σε σχέση με την δωρεάν αναβάθμιση.

Αναβαθμίσεις	ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΕΣ	ΒΛΑΒΕΣ	ΒΛΑΒΕΣ%
Cab 100Mbps --> Cab 200Mbps	11.908	1.806	15,17%
Cab 24Mbps --> Cab 50Mbps	13.264	1.961	14,78%
Cab 30Mbps --> Cab 50Mbps	191	20	10,47%
Cab 4Mbps --> Cab 50Mbps	1		0,00%
Cab 50Mbps --> Cab 100Mbps	12.797	2.604	20,35%
Rural 24Mbps --> Rural 50Mbps	3.585	472	13,17%
WB FTTC 50Mbps --> WB FTTC 100Mbps	7	5	71,43%
WB FTTC 24Mbps --> WB FTTC 50Mbps	8	1	12,50%
Cab 100Mbps --> Cab 200Mbps	890	102	11,46%
Cab 24Mbps --> Cab 50Mbps	226	22	9,73%
Cab 50Mbps --> Cab 100Mbps	28	3	10,71%
CO 50Mbps --> Cab 100Mbps	2		0,00%
CO 24Mbps --> Cab 50Mbps	37	2	5,41%
CO 24Mbps --> Rural 50Mbps	172	13	7,56%
CO 24Mbps --> WB FTTC 50Mbps	2		0,00%
investigation	23	3	13,04%
Not Eligible for 2x (Ανεφικτότητα)	1.217	244	20,05%
Grand Total	44.358	7.258	16,36%

Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε τον αριθμό των πελατών που βίωσαν αναβάθμιση στην ταχύτητα του Internet τους και στη διπλανή στήλη, πόσοι από αυτούς επέστρεψαν δηλώνοντας κάποια βλάβη της υπηρεσίας τους. Οι περιπτώσεις είναι οι εξής :

- Πελάτες που έχουν υπηρεσίες καμπίνας (Fiber to the cab).
- Πελάτες Rural περιοχών.
- Πελάτες που έχουν υπηρεσίες από κεντρικό καταναμητή και μεταφέρονται σε καμπίνες (Fiber to the cab).
- Πελάτες που αναβαθμίστηκαν αλλά εν τέλει υπάρχει ανεφικτότητα υπηρεσίας.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα εντοπίζεται στους πελάτες που είχαν ήδη υπηρεσίες από καμπίνα και διπλασιάστηκε η ταχύτητά τους.

5.3 Έλεγχος χρονικής περιόδου δήλωσης βλάβης.

Ανατρέχοντας στα δεδομένα εντοπίζουμε και το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε μέχρι να δηλώσει βλάβη ο πελάτης του οποίου αναβαθμίστηκε δωρεάν η ταχύτητα. Παρατηρούμε ότι τα υψηλότερα ποσοστά εντοπίζονται μετά από 30 μέρες αναβάθμισης, πράγμα που σημαίνει ότι δεν ήταν η αναβάθμιση ο λόγος της βλάβης. Επίσης, πολύ βασικό είναι το πρώτο δεκαήμερο μετά την αναβάθμιση της συνδρομητής ταχύτητας, όπου εντοπίζεται το **21,47%** του συνόλου των βλαβών. Τα ποσοστά αυτά μας δείχνουν ότι δεν ήταν ιδιαίτερη πετυχημένη η καμπάνια δωρεάν αναβάθμισης ταχυτήτων των πελατών, διότι αύξησαν κατά πολύ την συνολική εισροή νέων βλαβών στον όμιλο. Σε συνέχεια μιας προσωπικής συνομιλίας που είχα με τον Προϊστάμενο του τμήματος Data Mining and Monitoring του Ο.Τ.Ε. που παρακολούθησε στενά το έργο, έρχεται να επιβεβαιώσει τα παραπάνω λεγόμενα.

Πίνακας 10. Χρονικό διάστημα που μεσολάβησε για την δήλωση πρώτης βλάβης.

Ημέρες δήλωσης βλάβης μετά την αναβάθμιση	ΒΛΑΒΕΣ	ΒΛΑΒΕΣ%
<10_DAYS	1558	21,47%
10-20_DAYS	1084	14,94%
20-30_DAYS	865	11,92%
>30_DAYS	3751	51,68%
Grand Total	7258	100,00%

5.4 Αναλογία βλαβών ανά Συνδρομητή.

Στην προσπάθεια μας να εμβαθύνουμε κι άλλο στο πρόβλημα των δωρεάν αναβαθμίσεων, βλέπουμε πόσες εργασίες διπλασιασμού υλοποιήθηκαν σε όλα τα τεχνικά τμήματα της Ελλάδος. Για να εντοπίσουμε την αναλογία βλάβης ανά συνδρομητή χρειαζόμαστε και δεδομένα συνολικών αριθμών συνδρομητών που δήλωσαν βλάβη και συγχρόνως πόσες βλάβες δήλωσαν αυτοί. Έχοντας σαν παράδειγμα το τεχνικό τμήμα της Αγίας Παρασκευής, παρατηρούμε ότι έχουμε 172 πελάτες από τους οποίους προέκυψαν 275 βλάβες. Βάσει των δεδομένων αυτών προκύπτει ότι η αναλογία βλαβών ανά συνδρομητή για το συγκεκριμένο τεχνικό τμήμα είναι 1.6 βλάβες ανά συνδρομητή!

Τα αποτελέσματα αυτά είναι ζωτικά, διότι αντιλαμβανόμαστε ότι από τους πελάτες που δήλωσαν βλάβη μετά την αναβάθμισή τους (σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις) η αναλογία ξεπερνά το 1, οπότε ο κάθε πελάτης δηλώνει παραπάνω από μια φορά βλάβη. Τα δεδομένα απεικονίζονται αναλυτικά και στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 11. Αναλογία βλαβών ανά Συνδρομητή στα Τεχνικά τμήματα της Ελλάδος.

ΤΕΧΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΕΣ	Πελάτες που δήλωσαν βλάβη	ΒΛΑΒΕΣ	RATIO
ΝΑ	142	15	21	1,40
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ	1617	172	275	1,60
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ	674	75	113	1,51
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΛΥΣΙΔΑΣ	785	55	80	1,45
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ	1365	153	242	1,58
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΜΠΕΛΟΚΗΠΩΝ	63	2	2	1,00
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ	480	47	68	1,45
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΡΕΩΣ	25	4	4	1,00
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΡΚΑΔΙΑΣ	435	31	38	1,23
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΡΤΑΣ	214	18	27	1,50
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΧΑΪΑΣ	1204	123	170	1,38
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΧΑΡΝΩΝ	505	82	114	1,39
Τ.Τ.Λ.Π. ΒΟΙΩΤΙΑΣ	497	52	74	1,42
Τ.Τ.Λ.Π. ΒΟΡ. ΠΡΟΑΣΤΙΩΝ	1298	150	219	1,46
Τ.Τ.Λ.Π. ΔΡΑΜΑΣ	270	21	33	1,57
Τ.Τ.Λ.Π. ΔΥΤ. ΑΤΤΙΚΗΣ	32	2	2	1,00
Τ.Τ.Λ.Π. ΕΒΡΟΥ	575	48	74	1,54
Τ.Τ.Λ.Π. ΕΥΒΟΙΑΣ	831	92	146	1,59
Τ.Τ.Λ.Π. ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	3	0		0
Τ.Τ.Λ.Π. ΖΑΚΥΝΘΟΥ	469	62	83	1,34
Τ.Τ.Λ.Π. ΗΛΕΙΑΣ	578	69	103	1,49
Τ.Τ.Λ.Π. ΗΛΙΟΥΠΟΛΗΣ	1761	141	213	1,51
Τ.Τ.Λ.Π. ΗΜΑΘΙΑΣ	245	28	48	1,71
Τ.Τ.Λ.Π. ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	966	107	163	1,52
Τ.Τ.Λ.Π. ΘΕΣΠΡΩΤΙΑΣ	153	19	24	1,26
Τ.Τ.Λ.Π. ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	682	70	107	1,53
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΑΒΑΛΑΣ	559	64	103	1,61
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΑΛΑΜΑΡΙΑΣ	424	46	80	1,74
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ	705	53	80	1,51
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ	298	34	51	1,50
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	3	0		0
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ	1	1	1	1,00

Τ.Τ.Λ.Π. ΚΕΡΑΜΕΙΚΟΥ	218	8	8	1,00
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΕΡΚΥΡΑΣ	1168	174	285	1,64
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ	478	50	65	1,30
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΙΛΚΙΣ	296	36	60	1,67
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΟΖΑΝΗΣ	367	41	68	1,66
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	458	51	81	1,59
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΥΚΛΑΔΩΝ	2669	340	509	1,50
Τ.Τ.Λ.Π. ΚΩ	703	60	84	1,40
Τ.Τ.Λ.Π. ΛΑΚΩΝΙΑΣ	487	38	47	1,24
Τ.Τ.Λ.Π. ΛΑΡΙΣΑΣ	460	60	118	1,97
Τ.Τ.Λ.Π. ΛΑΣΙΘΙΟΥ	440	42	55	1,31
Τ.Τ.Λ.Π. ΛΕΣΒΟΥ	798	102	145	1,42
Τ.Τ.Λ.Π. ΛΕΥΚΑΔΑΣ	219	29	45	1,55
Τ.Τ.Λ.Π. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	395	50	72	1,44
Τ.Τ.Λ.Π. ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ	101	19	36	1,89
Τ.Τ.Λ.Π. ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ	499	39	54	1,38
Τ.Τ.Λ.Π. ΝΙΚΑΙΑΣ	7	1	1	1,00
Τ.Τ.Λ.Π. ΞΑΝΘΗΣ	617	38	65	1,71
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΑΓΚΡΑΤΙΟΥ	434	54	84	1,56
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΑΛ. ΦΑΛΗΡΟΥ	4	0		0
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΑΥΛΟΥ ΜΕΛΑ	414	54	91	1,69
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΕΙΡΑΙΑ	37	3	3	1,00
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΕΛΛΑΣ	435	40	68	1,70
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΕΡΙΣΤΕΡΙΟΥ	1621	133	212	1,59
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΙΕΡΙΑΣ	587	66	92	1,39
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΛΑΤ. ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ	537	77	112	1,45
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΡΕΒΕΖΑΣ	214	22	45	2,05
Τ.Τ.Λ.Π. ΡΕΘΥΜΝΗΣ	837	89	126	1,42
Τ.Τ.Λ.Π. ΡΟΔΟΠΗΣ	547	36	46	1,28
Τ.Τ.Λ.Π. ΡΟΔΟΥ	1253	170	282	1,66
Τ.Τ.Λ.Π. ΣΑΜΟΥ	197	36	48	1,33
Τ.Τ.Λ.Π. ΣΕΡΡΩΝ	529	28	41	1,46
Τ.Τ.Λ.Π. ΤΟΥΜΠΑΣ	235	20	28	1,40
Τ.Τ.Λ.Π. ΤΡΙΚΑΛΩΝ	523	59	85	1,44
Τ.Τ.Λ.Π. ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ	404	43	67	1,56
Τ.Τ.Λ.Π. ΦΛΩΡΙΝΑΣ	22	2	7	3,50
Τ.Τ.Λ.Π. ΧΑΛΑΝΔΡΙΟΥ	331	30	47	1,57
Τ.Τ.Λ.Π. ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ	514	61	80	1,31
Τ.Τ.Λ.Π. ΧΑΝΙΩΝ	1251	143	213	1,49
Τ.Τ.Λ.Π. ΧΙΟΥ	534	59	92	1,56
Τ.Τ.Λ.Π.	180	13	19	1,46

ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ/ΦΩΚΙΔΑΣ				
Τ.Τ.Λ.Π. ΑΝΑΤΟΛΙΚΩΝ ΠΡΟΑΣΤΙΩΝ	1337	180	304	1,69
Τ.Τ.Λ.Π. ΔΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΑΣΤΙΩΝ	1019	137	217	1,58
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΕΙΡΑΙΑ & ΑΙΓΙΝΑΣ	611	39	50	1,28
Τ.Τ.Λ.Π. ΠΡΕΣΠΩΝ	391	47	68	1,45
Τ.Τ.Λ.Π. ΝΟΤΙΩΝ ΠΡΟΑΣΤΙΩΝ	588	53	83	1,57
Τ.Τ.Λ.Π. ΝΙΚΑΙΑΣ & ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ	533	63	92	1,46
Grand Total	44358	4771	7258	1,52

Κεφάλαιο 6

6.1 Εφαρμογή Μοντέλου fbProphet σε Python

Σκοπός της εφαρμογής του μοντέλου fbProphet στα δεδομένα του ομίλου είναι η πρόβλεψη της μελλοντικής εισροής πελατών οπτικής ίνας στον Όμιλο. Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν αφορούν το χρονικό διάστημα 4-1-2021 μέχρι και τις 14-5-2023. Τα δεδομένα αποτελούνται από 2 στήλες: τις ημερομηνίες και το σύνολο των νέων πελατών grouping ανά ημέρα. Το σύνολο του δείγματός μας είναι 809 ημέρες που αντιστοιχούν περίπου σε 2 χρόνια και 3 μήνες και όπως αναφέρουν σε άρθρο τους οι Vasselín και Bertrand (2022), το fbProphet χρειάζεται τουλάχιστον δύο χρόνια δεδομένων για να υπολογίσει την ετήσια εποχικότητα σ' ένα μοντέλο πρόβλεψης.

6.2 Βήματα Υλοποίησης

- **Πρώτο βήμα:** για την υλοποίηση του Κώδικά μας έχουμε να φορτώσουμε τις κατάλληλες βιβλιοθήκες που θα τροφοδοτήσουν το μοντέλο μας. Κάθε ένα από τα import που γίνονται θα χρησιμοποιηθούν κατά την πορεία σύνταξης του κώδικα μας!

```
import warnings;
warnings.simplefilter('ignore')

import pandas as pd
from prophet import Prophet
import seaborn as sns
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

from prophet.plot import plot_plotly, plot_components_plotly
```

Εικόνα 13. Code imports

- **Δεύτερο βήμα:** να φορτώσουμε τα ημερήσια δεδομένα εισροής νέων πελατών και να τα ελέγξουμε. Επίσης, όπως βλέπουμε στον παρακάτω κώδικα, γίνονται και οι απαραίτητες μετατροπές για την στήλη FTTH_DATES σε datetime και σε μορφή dd-mm-yyyy με την βοήθεια των εντολών στην pandas βιβλιοθήκη .

```
#read dataset
df = pd.read_csv(r'C:\Users\Lalakis\Desktop\FTTH_CUSTOMERS22.csv', delimiter=';')
df['FTTH_DATES']=pd.to_datetime(df['FTTH_DATES'])
df['FTTH_DATES']=df['FTTH_DATES'].dt.strftime('%d-%m-%Y')
print(df)
```

Εικόνα 14. Κώδικας φόρτωσης αρχείου και μετατροπές πεδίου ημερομηνίας.

	FTTH_DATES	COUNT
0	04-01-2021	65
1	05-01-2021	17
2	07-01-2021	88
3	08-01-2021	109
4	09-01-2021	6
..
804	11-05-2023	511
805	12-05-2023	557
806	13-05-2023	150
807	14-05-2023	6
808	15-05-2023	491

[809 rows x 2 columns]

Εικόνα 15. Προβολή δεδομένων ημερήσιων εισροών νέων πελατών οπτικής ίνας.

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν 809 ημέρες στο dataset και αφορούν την ημερήσια εισροή νέων πελατών Fiber to the Home στον όμιλο. Η στήλη FTTH_DATES έχει ήδη μετατραπεί σε μορφή datetime και η στήλη COUNT αφορά τον αριθμό των νέων πελατών οπτικής ίνας.

➤ **Τρίτο Βήμα:** είναι η μετονομασία των στηλών FTTH_DATES και Count σε "ds", "y" αντιστοίχως. Το μοντέλο Prophet απαιτεί τη χρήση των μεταβλητών "ds" και "y" για να λειτουργήσει σωστά με δεδομένα χρονοσειρών. Αν αυτές οι μεταβλητές δεν έχουν ακριβώς αυτά τα ονόματα ή δεν περιέχουν τα αναμενόμενα δεδομένα, το μοντέλο προφήτη δεν θα λειτουργήσει σωστά. Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές "ds" και "y" χρησιμοποιούνται ως εξής:

- Η μεταβλητή "ds" αναφέρεται στο χρονικό διάστημα και τις ημερομηνίες των παρατηρήσεων μας(FTTH_DATES).
- Η μεταβλητή "y" περιέχει τις τιμές που θέλουμε να προβλέψουμε (Count).

Εάν αυτές οι μεταβλητές δεν έχουν αυτά τα ονόματα ή δεν περιέχουν τα σωστά δεδομένα, το μοντέλο (prophet) δεν θα είναι σε θέση να εκτελέσει τις απαραίτητες προβλέψεις (Patandung & Jatnika 2021).

```
# rename the columns to 'ds' and 'y'  
df.rename(columns={'FTTH_DATES': 'ds'}, inplace=True)  
df.rename(columns={'COUNT': 'y'}, inplace=True)
```

Εικόνα 16. Κώδικας μετονομασία πεδίων.

```
      ds      y  
0  04-01-2021  65  
1  05-01-2021  17  
2  07-01-2021  88  
3  08-01-2021 109  
4  09-01-2021   6  
..      ...   ...  
804 11-05-2023 511  
805 12-05-2023 557  
806 13-05-2023 150  
807 14-05-2023   6  
808 15-05-2023 491  
[809 rows x 2 columns]
```

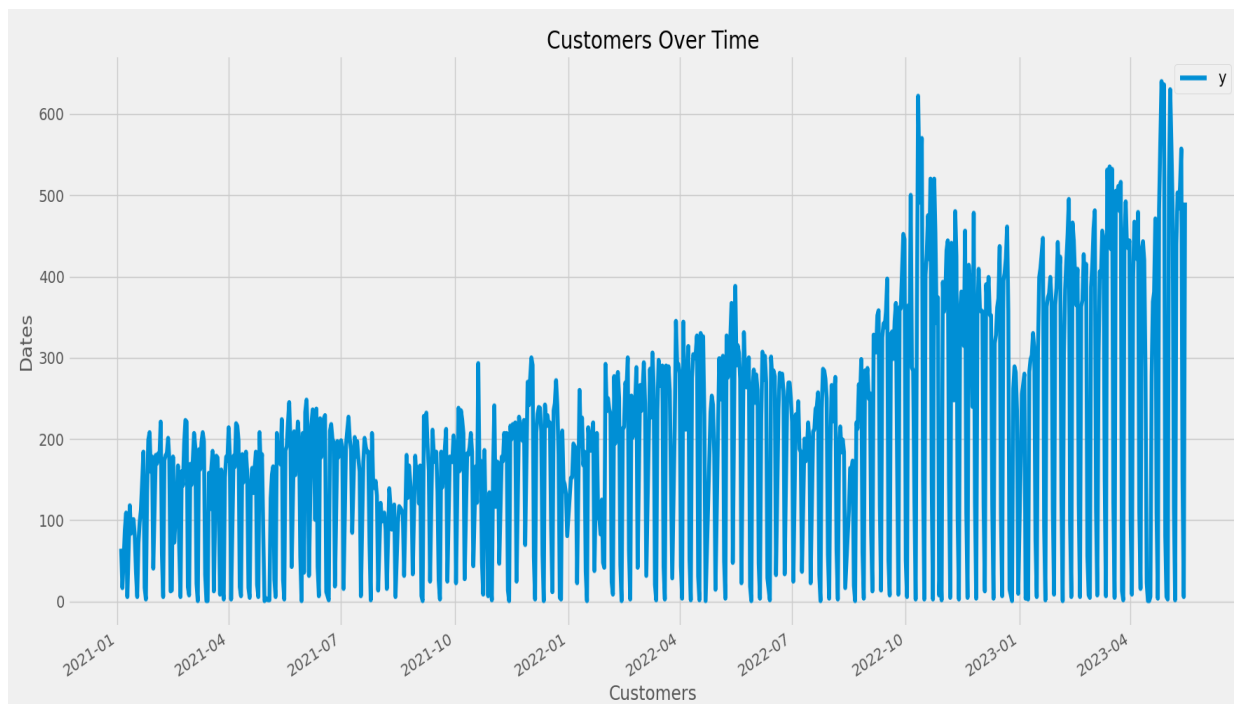
Εικόνα 17. Έλεγχος εγκυρότητας αλλαγών.

Όπως βλέπουμε και στην παραπάνω εκτύπωση των παρατηρήσεων μας, οι στήλες μετονομάστηκαν με επιτυχία.

- **Τέταρτο βήμα:** είναι η οπτικοποίηση των δεδομένων μας και η προσπάθειά μας να αναδείξουμε κάποια σημεία με εποχικότητα ή κάποιο trend για να πραγματοποιήσουμε πιο άμεσα tune των hyperparametr. Παρακάτω βλέπετε τον κώδικα και την εμφάνιση του γραφήματός μας.

```
#plot the dataset
color_pal = sns.color_palette()
df.plot(style='-', x='ds', y='y',
        figsize=(10, 6), color=color_pal[0],
        title='Customers Over Time',
        xlabel='Customers', ylabel='Dates')
plt.show()
```

Εικόνα 18. Κώδικας οπτικοποίησης δεδομένων.



Εικόνα 19. Γράφημα Εισροής νέων πελατών σε σχέση με τον χρόνο.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα βλέπουμε μια σταθερή ανοδική πορεία της εισροής πελατών. Βλέπουμε και μια εποχικότητα που αφορά τα Σαββατοκύριακα και αρκετές αργίες, διότι τα συνεργεία που πραγματοποιούν ενεργοποιήσεις νέων πελατών εκείνο το διάστημα είναι πολύ λιγότερα σε σχέση με τις υπόλοιπες μέρες της εβδομάδος.

Έλεγχος Στασιμότητας: Ένας από τους πιο βασικούς ελέγχους που πρέπει να εφαρμόσουμε σύμφωνα και με τους Deshmukh & Paramasivam (2016), είναι ο έλεγχος της στασιμότητας των δεδομένων με τη βοήθεια της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης (ACF) και συνάρτηση μερικής αυτοσυσχέτισης (PACF). Ο έλεγχος αυτός θα γίνει μέσω του λογισμικού GRET.

Augmented Dickey-Fuller tests, order 7, for CUSTOMERS

sample size 809

unit-root null hypothesis: $a = 1$

test with constant

model: $(1 - L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

1st-order autocorrelation coeff. for e: -0,002

estimated value of $(a - 1)$: -0,116391

test statistic: $\tau_c(1) = -3,02425$

asymptotic **p-value 0,03271**

Η δοκιμή ADF εξετάζει τη μηδενική υπόθεση ότι υπάρχει μια μοναδιαία ρίζα στη χρονοσειρά ($a = 1$), υποδηλώνοντας μη σταθερότητα. Η εναλλακτική υπόθεση είναι η χρονοσειρά να είναι σταθερή.

Στην περίπτωσή μας η δοκιμή πραγματοποιήθηκε με έναν σταθερό όρο που περιλαμβάνεται στο μοντέλο. Το μοντέλο που χρησιμοποιείται έχει τη μορφή:

$$(1 - L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$$

όπου **L** αντιπροσωπεύει τον τελεστή υστέρησης, **y** αντιπροσωπεύει τη μεταβλητή χρονοσειράς, **b₀** είναι σταθερός όρος, **(a-1)** είναι ο συντελεστής της μεταβλητής με καθυστέρηση και **e** είναι ο όρος σφάλματος.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής που έγιναν δείχνουν τα ακόλουθα:

Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για τον όρο σφάλματος (e) είναι -0,002. Αυτός ο συντελεστής μετρά τη συσχέτιση μεταξύ του όρου σφάλματος και της τιμής του με καθυστέρηση. Η εκτιμώμενη τιμή του (a - 1) είναι -0,116391. Η συγκεκριμένη εκτίμηση αντιπροσωπεύει τον συντελεστή της μεταβλητής με καθυστέρηση στο μοντέλο.

Η στατιστική δοκιμής, tau_c(1), είναι -3,02425. Η στατιστική δοκιμής χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της ισχύος των αποδεικτικών στοιχείων έναντι της μηδενικής υπόθεσης (Deshmukh, 2016).

Η ασυμπτωτική τιμή p που σχετίζεται με τη στατιστική δοκιμής είναι 0,03271. Αυτή η τιμή p χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της στατιστικής σημασίας του τεστ.

Με βάση τα παρεχόμενα αποτελέσματα, δεδομένου ότι η ασυμπτωτική τιμή p (0,03271) είναι μικρότερη από το συνήθως χρησιμοποιούμενο επίπεδο σημαντικότητας 0,05, υπάρχουν στοιχεία που απορρίπτουν την μηδενική υπόθεση μιας μοναδιαίας ρίζας (μη σταθερότητα) υπέρ της εναλλακτικής υπόθεσης της σταθερότητας. Ως εκ τούτου υποδηλώνει ότι τα δεδομένα μας είναι πιθανώς στάσιμα.

- **Πέμπτο Βήμα:** είναι η δημιουργία ενός dataset που θα εντοπίζει μόνο τα Σαββατοκύριακα και θα τα αποθηκεύει με σκοπό να προστεθούν στις υπερπαραμέτρους του μοντέλο μας σαν Holidays dataset. Σύμφωνα με το βιβλίο του Rafferty (2021), για να μπορέσουμε να αποτυπώσουμε με μεγαλύτερη

ακρίβεια μια πρόβλεψη πρέπει να δημιουργήσουμε dataset μέσα στο οποίο θα τοποθετήσουμε ημερομηνίες που είχαν θα έχουν αρνητικό αντίκτυπο στο forecast. Στην δική μας περίπτωση δημιουργούμε μια «λούπα» όπου αρχικά εντοπίζει το Σάββατο και την Κυριακή. Στην συνέχεια ανατρέχοντας τα δεδομένα μας εντοπίζονται αργίες που είχαν μηδενικές ενεργοποιήσεις νέων πελατών (εξαιτίας της ανενεργείας των τεχνικών πεδίου). Τέλος, συγχωνεύουμε τα δύο datasets σε ένα με σκοπό να προστεθεί στην παράμετρο holidays που διαθέτει το μοντέλο prophet.

```
#Entopismos ta S/K
import datetime

start_date = datetime.date(2021,1,4)
end_date = datetime.date(2023,10,1)

saturdays_and_sundays = []

current_date = start_date
while current_date <= end_date:
    if current_date.weekday() == 5: # SAVVATO
        saturdays_and_sundays.append(current_date)
    elif current_date.weekday() == 6: # KYRIAKI
        saturdays_and_sundays.append(current_date)

    current_date += datetime.timedelta(days=1)

# Create a DataFrame
holidays_df = pd.DataFrame({
    'ds': saturdays_and_sundays,
    'holiday': 'weekend'
})
holidays_df['ds'] = pd.to_datetime(df['ds'], format='%d-%m-%Y')

zero_days = pd.DataFrame({'holiday': 'Zero_Days',
                           'ds': pd.to_datetime(['2021-04-04', '2021-05-02', '2021-05-23', '2021-06-06',
                                                  '2021-06-20', '2021-06-27', '2021-07-04', '2021-07-11',
                                                  '2021-07-18', '2021-08-01', '2021-08-08', '2021-08-15',
                                                  '2021-08-22', '2021-08-29', '2021-09-12', '2021-09-26',
                                                  '2021-10-03', '2021-10-10', '2021-10-17', '2021-11-07',
                                                  '2021-11-21', '2021-11-28', '2022-01-01', '2022-01-02',
                                                  '2022-01-06', '2022-01-09', '2022-01-23', '2022-02-27',
                                                  '2022-03-06', '2022-03-07', '2022-03-25', '2022-03-27',
                                                  '2022-04-23', '2022-04-24', '2022-04-25', '2022-05-01',
                                                  '2022-05-02', '2022-05-15', '2022-05-22', '2022-06-12',
                                                  '2022-06-19', '2022-06-26', '2022-07-03', '2022-07-10',
                                                  '2022-07-17', '2022-08-14', '2022-08-15', '2022-12-25',
                                                  '2023-01-01'])})
zero_days['ds'] = pd.to_datetime(zero_days['ds'], format='%d-%m-%Y')
holidays = pd.concat([holidays_df, zero_days]).sort_values('ds').reset_index(drop=True)
```

Εικόνα 20. Κώδικας εντοπισμού Σ/Κ και εξαίρεση ημερομηνιών με μηδεν εισροή πελατών.

Επίσης η βιβλιοθήκη του prophet μας παρέχει από τον κατασκευαστή την επιλογή της παραμέτρου **add country holidays(country name='Greece')**.

όπου καταχωρούνται αυτομάτως οι αργίες για την εκάστοτε χώρα (Rafferty, 2021).

- **Έκτο βήμα:** είναι να τροφοδοτήσουμε το μοντέλο μας με τις σωστές παραμέτρους με στόχο το βέλτιστο αποτέλεσμα στην πρόβλεψή μας. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν φέρνουν το βέλτιστο αποτέλεσμα στο μοντέλο μας, αφού προηγήθηκαν αρκετές δοκιμές πάνω σε αυτές και τις τιμές τους. Παρακάτω αναλύονται οι υπερ-παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν σύμφωνα με το site (<https://facebook.github.io/prophet/docs/diagnostics.html>).

- **changeoint_prior_scale** Η συγκεκριμένη παράμετρος διαμορφώνει την ευελιξία της πρόβλεψης της τάσης (trend) σε δεδομένα χρονοσειρών, ειδικότερα στα σημεία αλλαγής.

Τα σημεία αλλαγής είναι αυτά στα οποία η τάση των χρονοσειριακών δεδομένων αλλάζει δραστικά. Η τιμή του `changeoint_prior_scale` επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο το μοντέλο διαχειρίζεται αυτές τις αλλαγές κατά την διαδικασία εκπαίδευσης. Όταν η τιμή είναι χαμηλή, το μοντέλο προβλέπει λιγότερο ευέλικτα τις αλλαγές τάσης. Από την άλλη πλευρά, με υψηλή τιμή, το μοντέλο προσαρμόζεται πιο ευέλικτα στις αλλαγές τάσης.

Η τιμή του `changeoint_prior_scale` καθορίζει πώς το μοντέλο προσαρμόζεται στις αλλαγές τάσης, επηρεάζοντας την ικανότητά του να προβλέψει τα σημεία αλλαγής με ακρίβεια.

- **seasonality_mode** Αυτή η παράμετρος διαμορφώνει τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνεται υπόψη η εποχικότητα κατά την διαδικασία πρόβλεψης των δεδομένων. Μπορεί να οριστεί με δύο τιμές:

- (i) additive (προσθετική) όταν η εποχικότητα αυξάνει σταθερά με τον χρόνο. Αυτή η επιλογή προσθέτει τις εποχιακές διακυμάνσεις στο γενικό μοντέλο τάσης-μη τάσης για την πρόβλεψη. Συνήθως είναι κατάλληλη για χρονοσειρές όπου η εποχικότητα δεν αυξάνεται σημαντικά με τον χρόνο.

(ii) multiplicative (πολλαπλασιαστική): όταν η εποχικότητα αυξάνει εκθετικά με τον χρόνο. Σε αυτήν την περίπτωση, οι εποχιακές διακυμάνσεις πολλαπλασιάζονται με το γενικό μοντέλο τάσης-μη τάσης για την πρόβλεψη (<https://facebook.github.io/prophet/docs/diagnostics.html>).

- **holidays_prior_scale** Η παράμετρος αυτή επηρεάζει τον βαθμό ευελιξίας κατά την προσαρμογή των εφέ διακοπών. Η προεπιλεγμένη τιμή από τον κατασκευαστή είναι 10.0. Στην πραγματικότητα, η τιμή αυτή επηρεάζει το βαθμό "τακτοποίησης" που επιβάλλεται κατά την διαδικασία εκπαίδευσης του μοντέλου. Με μικρότερη τιμή, το μοντέλο θα είναι πιο ευέλικτο και θα αφήνει τον εαυτό του να προσαρμόσει εύκολα τις επιπτώσεις των διακοπών, ενώ με μεγαλύτερη τιμή θα επιβάλλει περισσότερο τακτοποίηση, περιορίζοντας την ευελιξία του. Αυτή η επιλογή είναι καίρια για την εξασφάλιση της βέλτιστης προσαρμογής των επιπτώσεων των διακοπών στο μοντέλο πρόβλεψης.
- Στον αλγόριθμο Fbprophet, είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η τοποθεσία, ο αριθμός, και το ποσοστό των σημείων μεταβολής, το οποίο περιλαμβάνει τρεις σημαντικούς δείκτες **changepoint_range**, **n_changepoint** και **changepoint_prior_scale**. Το changepoint_range αναφέρεται στο ποσοστό και το σημείο αλλαγής πρέπει να είναι ορίζεται στη χρονική σειρά όσο το προηγούμενο εύρος σημείων αλλαγής. Το n_changepoint αντιπροσωπεύει τον αριθμό των σημείων αλλαγής (ορίζουμε στο μοντέλο πόσα σημεία αλλαγής να εντοπίσει). Το changepoint_prior_scale είναι η κατανομή του ρυθμού αύξησης του σημείου αλλαγής Du (2020).

```
# Tune the model with HyperParameters
m = Prophet(yearly_seasonality=2.5,
             holidays=holidays,
             seasonality_mode='multiplicative',
             changepoint_prior_scale=0.95,
             changepoint_range=0.9, n_changepoints=80,
             holidays_prior_scale=5)
m.add_country_holidays(country_name='Greece')
```

Εικόνα 21. Κώδικας Tuning των υπερπαραμέτρων.

- **Έβδομο βήμα:** είναι να εφαρμόσουμε την τακτική «train/test split» για να εκπαιδεύσουμε το μοντέλο μας στα δεδομένα μας (train df) και τέλος να το αξιολογήσουμε βλέποντας τα test δεδομένα μας. Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η τακτική αυτή δεν είναι απαραίτητη στο μοντέλο prophet και συγκεκριμένα στη δική μας περίπτωση έχουμε την ευχέρεια να έχουμε στην κατοχή μας μελλοντικά δεδομένα νέων πελατών του Ομίλου με σκοπό την αξιολόγηση του μοντέλου. Στη συνέχεια κάνουμε fit τα train δεδομένα μας και δημιουργούμε ένα μελλοντικό data frame 30 περιόδων εκ των οποίων τα δεδομένα θα αφορούν ημέρες data ('D') και θα συμπεριλάβει και παρελθοντικά δεδομένα (εντολή : m.make_future_dataframe(periods=30, freq='D', include_history=True)). Επιπλέον, να προστεθεί ότι χρησιμοποιούμε την εντολή forecast.yhat = np.maximum(forecast.yhat, 0) για να αποκλείσουμε τις τυχούσες αρνητικές τιμές πρόβλεψης του μοντέλου μας. Τέλος, εκτελεί το μοντέλο μας την πρόβλεψη (m.predict) και εκτυπώνει τα δεδομένα.

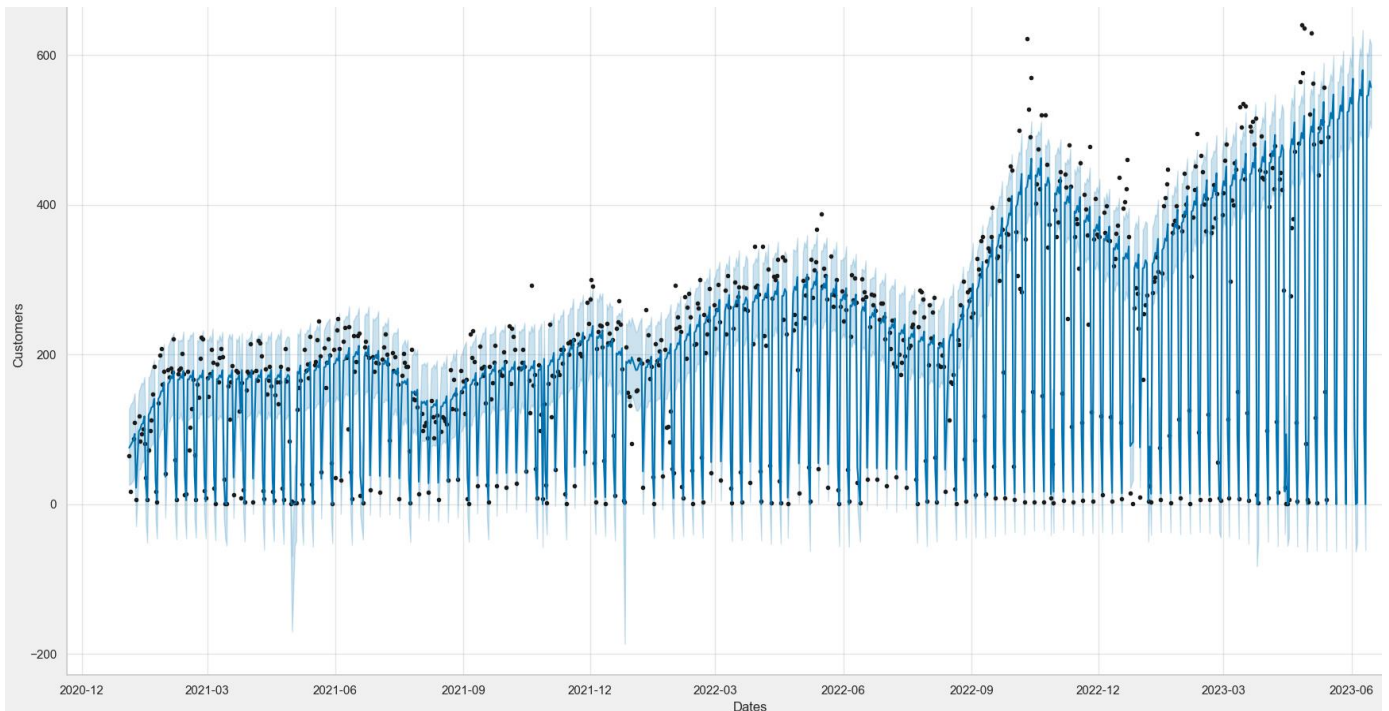
```
train = df.iloc[:len(df)-90]
test = df.iloc[len(df)-90:]
model = m.fit(train),
# Forecast for 30 days ahead
future = m.make_future_dataframe(periods=30 , freq='D', include_history=True)
forecast = model.predict(future)
forecast= m.predict(future)
forecast.yhat = np.maximum(forecast.yhat, 0)
print(forecast[['ds', 'yhat', 'yhat_lower', 'yhat_upper']])
```

Εικόνα 22. Κώδικας για train/test split και πρόβλεψη μοντέλου.

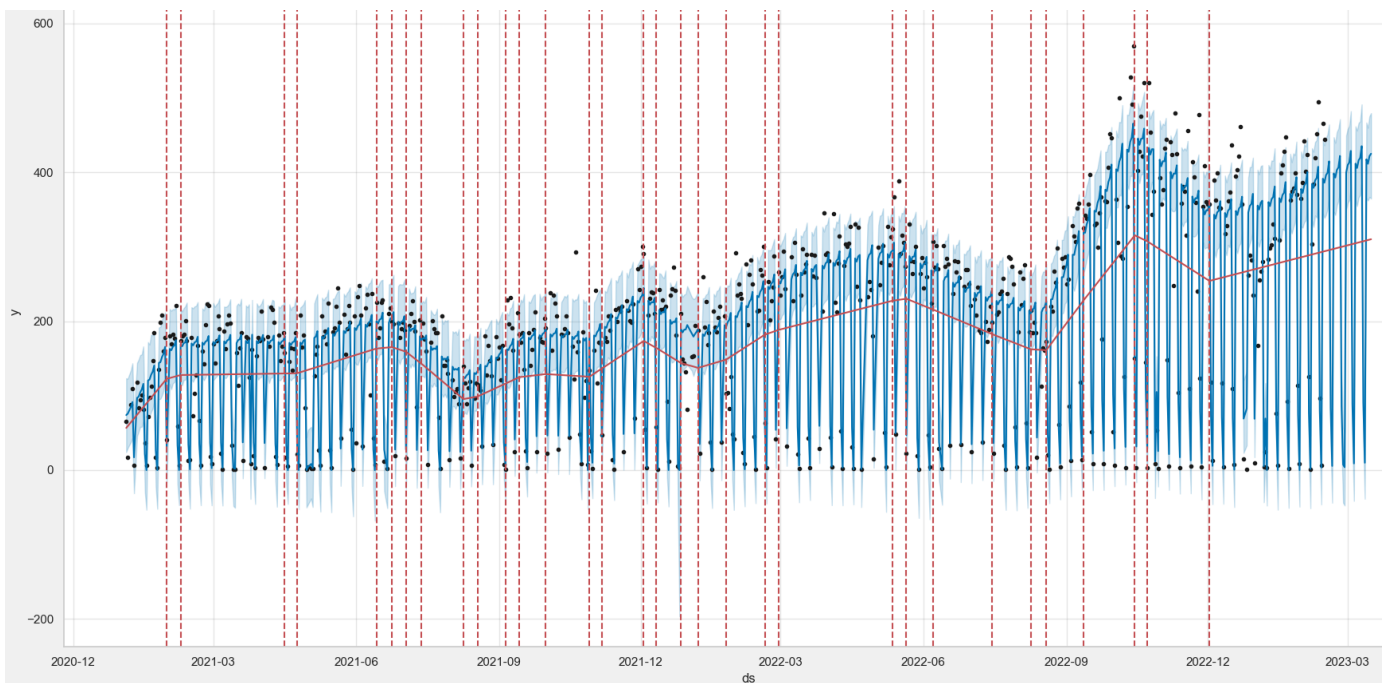
- **Όγδοο βήμα:** είναι η απεικόνιση των προβλεπόμενων τιμών μας από την αρχή έως και τριάντα μέρες μετά τα πραγματικά μας δεδομένα. Επίσης, θέλοντας να εντοπίσουμε τα σημεία που αλλάζει τα trend στα δεδομένα που έχουμε, χρησιμοποιούμε την εντολή «add_changepoints_to_plot». Τα αποτελέσματα τα βλέπετε στα παρακάτω γραφήματα.

```
#entopismos pou allazei to trend
fig = m.plot(forecast)
a = add_changepoints_to_plot(fig.gca(), m, forecast)
#Plot the forecast
plot1= m.plot(forecast)
plt.title('Forecast for 30 Days')
plt.xlabel('Dates')
plt.ylabel('Customers')
plt.show()
```

Εικόνα 23. Κώδικας εντοπισμού αλλαγής trend και οπτικοποίηση προβλέψεων σε όλο το διάστημα των δεδομένων.



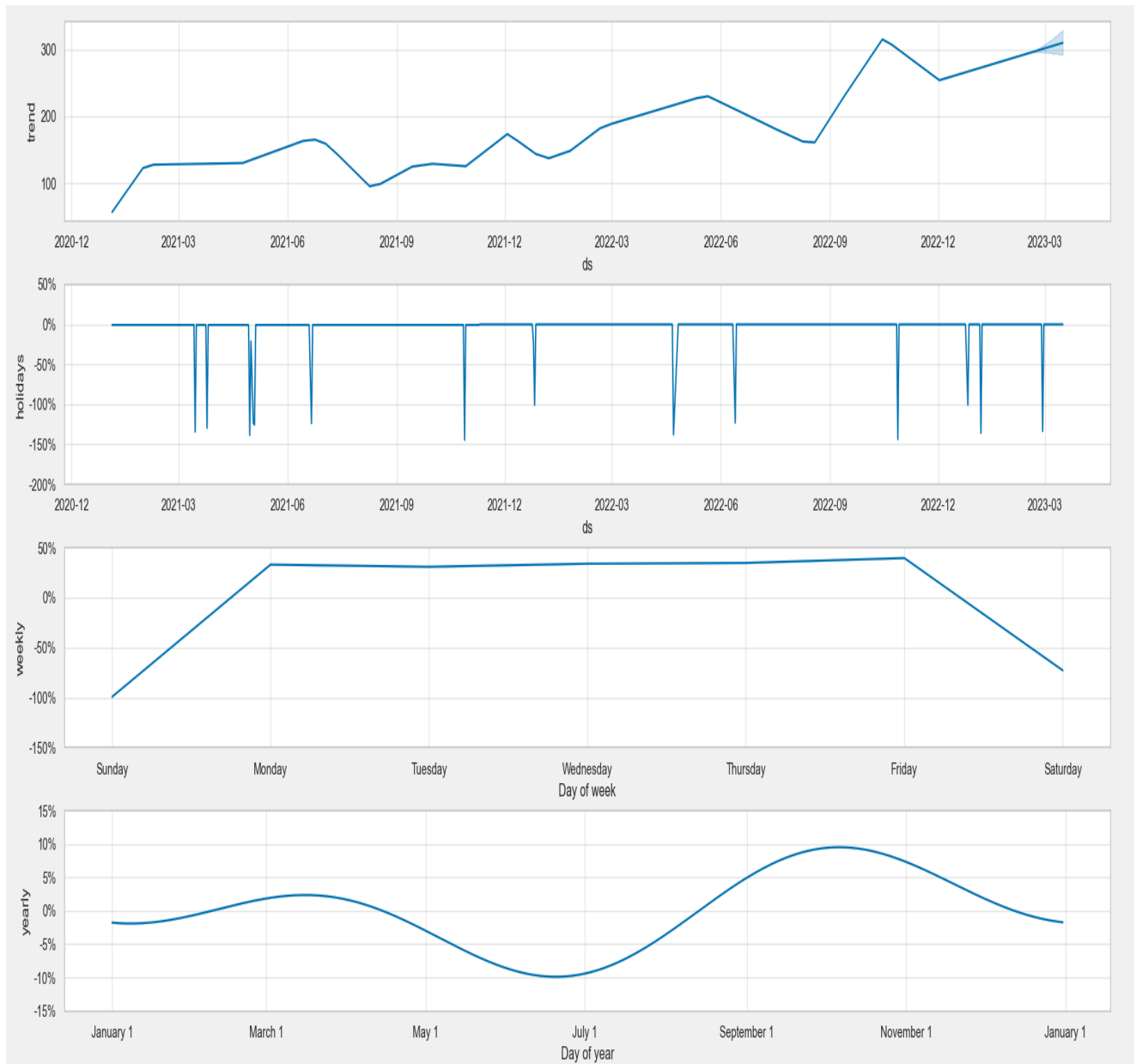
Εικόνα 24. Γράφημα προβλέψεων σε σχέση με τις πραγματικές τιμές.



Εικόνα 25. Γράφημα προβλέψεων σε σχέση με τις πραγματικές τιμές και εντοπισμός αλλαγής του Trend

➤ **Ένατο βήμα:** είναι να παρουσιαστεί μια οπτική ανάλυση των διαφόρων στοιχείων που επηρεάζουν τη χρονοσειρά που προβλέπουμε. Η οπτικοποίηση αυτή θα συμβάλει στην κατανόηση της συμπεριφοράς των δεδομένων και την πρόβλεψη που παράγει το μοντέλο Prophet. Χρησιμοποιεί τη μέθοδο «plot_components» του μοντέλου για να παρουσιάσει τα εξής γραφήματα:

- **Τάσεις (Trends):** Παρουσιάζει τις τάσεις της χρονοσειράς, περιλαμβανομένων των συνιστωσών ετήσιας, εβδομαδιαίας και ημερήσιας τάσης. Στα δικά μας δεδομένα παρουσιάζεται μια πολύ αυξητική τάση στο πελατολόγιο.
- **Ετήσια συνιστώσα (Yearly Seasonality):** Εμφανίζει τις περιοδικές μεταβολές που συμβαίνουν κάθε χρόνο στη χρονοσειρά. Στο γράφημα των δεδομένων μας βλέπουμε μια κυματομορφή, η οποία παρουσιάζει μια πτώση τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούλιο, Αύγουστο) λόγω αυξημένης χρήσης αδειών από τους εργαζομένους.
- **Εβδομαδιαία συνιστώσα (Weekly Seasonality):** Παρουσιάζει τις περιοδικές μεταβολές που συμβαίνουν κάθε εβδομάδα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τις εργάσιμες μέρες παρουσιάζεται μια πολύ θετική επίδραση στην αύξηση των νέων πελατών, ενώ τα Σαββατοκύριακα έχουμε μια πολύ λογική πτώση, καθώς δεν εργάζονται τα συνεργεία.
- **Επίδραση διακοπών (Holiday Effects):** Εφόσον έχουμε προσθέσει στο μοντέλο μας δεδομένα με επιπρόσθετες πληροφορίες για διακοπές ή ειδικές αργίες, εμφανίζεται και αυτή η γραφική απεικονίζοντας την αρνητική επίδραση αυτών των ημερών που ορίσαμε.



Εικόνα 26. Γραφήματα components του μοντέλου μας.

- **Δέκατο βήμα:** είναι η αξιολόγηση της πρόβλεψης που κάνουμε. Στη διάθεσή μας για την ακρίβεια του μοντέλου μας υπάρχουν πολλά έτοιμα μετρικά, ωστόσο επιλέγουμε την χειροκίνητη αξιολόγηση με τον παρακάτω κώδικα.


```
# Dimiourgia forecast kai actual values gia thn aksiologhsh
forecast_dates = forecast[-30:]['ds'] # 30 meres
forecasted_values = forecast[-30:]['yhat']
actual_values = test[test['ds'].isin(forecast_dates)]['y']
# RMSE
forecast['error'] = actual_values - forecasted_values
rmse = np.sqrt(np.mean(forecast['error'] ** 2))
print("RMSE:", rmse)
# MAPE
forecast['abs_error_pct'] = np.abs(actual_values - forecasted_values) / actual_values
mape = np.mean(forecast['abs_error_pct'])
print("MAPE:", mape)
```

Εικόνα 27. Κώδικας εφαρμογής μετρικών απόδοσης μοντέλου (RMSE/MAPE).

Το ριζικό μέσο τετραγωνικό σφάλμα (R.M.S.E.²¹) έχει χρησιμοποιηθεί ως τυπική στατιστική μέτρηση για τη μέτρηση της απόδοσης του μοντέλου σε διάφορες μελέτες. Η υποκείμενη υπόθεση κατά την παρουσίαση του R.M.S.E. είναι ότι τα σφάλματα είναι αμερόληπτα και ακολουθούν κανονική κατανομή (Willmott & Matsuura, 2005). Το RMSE μετράει την τυπική απόκλιση μεταξύ των πραγματικών τιμών και των προβλεπόμενων τιμών. Όσο χαμηλότερο είναι το R.M.S.E., τόσο πιο κοντά είναι οι προβλέψεις στις πραγματικές τιμές, και το μοντέλο θεωρείται πιο ακριβές. Συνήθως, όταν συγκρίνουμε διαφορετικά μοντέλα πρόβλεψης, το μοντέλο με το μικρότερο RMSE θεωρείται πιο ακριβές. Στην περίπτωση μας η τιμή είναι στο 45.21 που σημαίνει βάσει του παραπάνω κώδικα ότι η πρόβλεψή μας στα test δεδομένα έχει απόκλιση κατά μέσο όρο μόλις 45 πελάτες.

Το μέσο απόλυτο ποσοστό σφάλματος (M.A.P.E.²²) εκφράζεται ως ποσοστό και δίνει μια ιδέα για το πόσο μακριά βρίσκονται οι προβλέψεις μας από τις πραγματικές τιμές. Στις δικές μας προβλέψεις το μέσο ποσοστό απόλυτου σφάλματος φτάνει μόλις το **11%**.

Επιπρόσθετα, όπως προαναφέρθηκε, έχουμε στην διάθεσή μας τα πραγματικά δεδομένα του Ιουνίου για την εισροή των νέων πελατών οπτικής ίνας στον Ο.Τ.Ε., για τους

²¹ Root mean square deviation

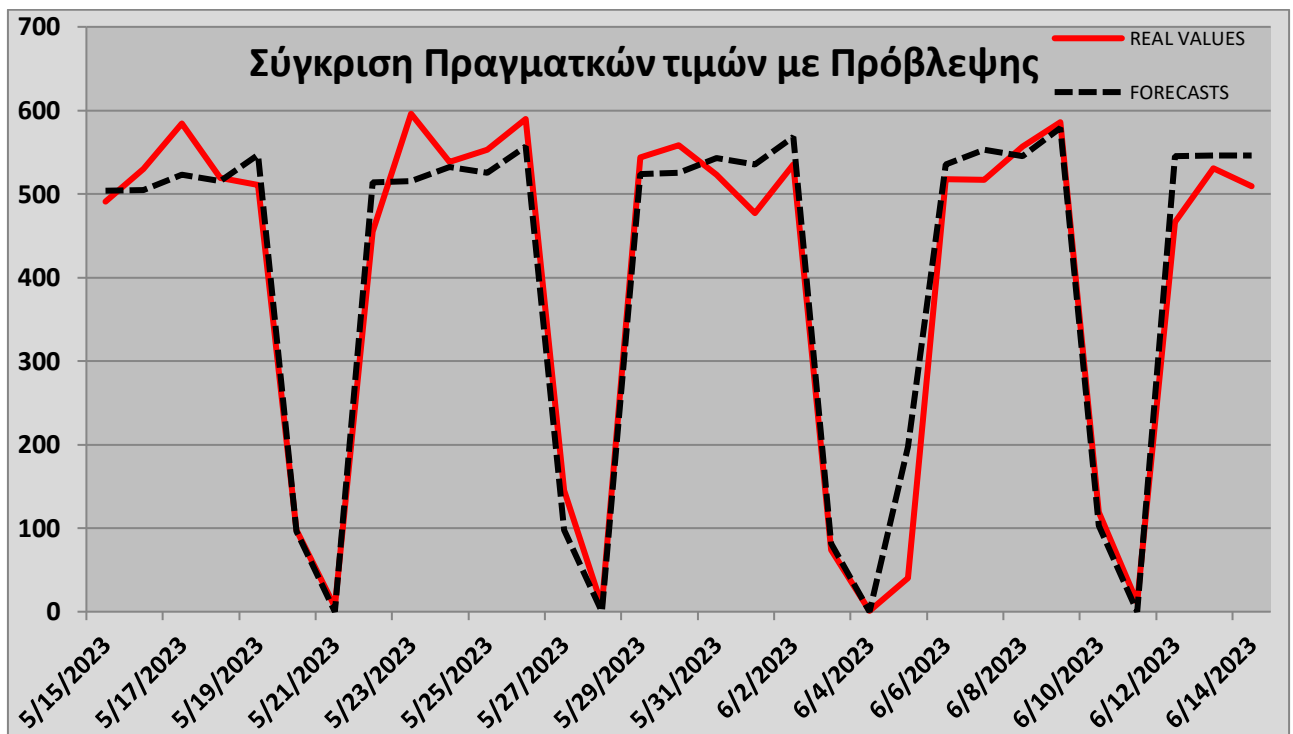
²² Mean absolute percentage error

οποίους πραγματοποιήσαμε πρόβλεψη. Έτσι, αφού εκτυπώσουμε τις προβλέψεις που κάνουμε, βλέπουμε τις διαφορές που έχουμε από τα πραγματικά δεδομένα στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12. Πινάκας Σύγκρισης πραγματικών τιμών, τιμών πρόβλεψης και οι διαφορές τους.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	ΤΙΜΕΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΤΙΜΩΝ ΜΕ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ
15/5/2023	491	504	13
16/5/2023	530	505	25
17/5/2023	584	523	61
18/5/2023	519	515	4
19/5/2023	511	547	36
20/5/2023	98	96	2
21/5/2023	6	0	6
22/5/2023	455	514	59
23/5/2023	596	515	81
24/5/2023	538	532	6
25/5/2023	553	525	28
26/5/2023	590	557	33
27/5/2023	145	98	47
28/5/2023	7	0	7
29/5/2023	544	524	20
30/5/2023	558	525	33
31/5/2023	523	543	20
1/6/2023	477	535	58
2/6/2023	535	568	33
3/6/2023	74	82	8
4/6/2023	1	0	1
5/6/2023	40	197	157
6/6/2023	518	535	17
7/6/2023	517	553	36
8/6/2023	557	545	12
9/6/2023	586	579	7
10/6/2023	119	103	16
11/6/2023	11	0	11
12/6/2023	466	545	79
13/6/2023	531	546	15
14/6/2023	509	546	37
MEAN NUMBER	393	398,6	31

Παρατηρούμε ότι για τις 30 μέρες πρόβλεψης η μέση τιμή των πραγματικών τιμών είναι 393 πελάτες, ενώ οι προβλεπόμενες τιμές είναι 398,6. Επίσης, ο μέσος όρος των ημερήσιων διαφορών στους πελάτες είναι μόλις 31 πελάτες. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το μοντέλο που δημιουργήσαμε έχει απόκλιση 7.88% που σημαίνει ότι έχουμε ποσοστό επιτυχίας **92.12%**. Το μοντέλο μας θα μπορέσει να αποτελέσει ένα πολύ δυνατό όπλο στην κατοχή του Ο.Τ.Ε., θα μπορέσει να είναι ένα βήμα μπροστά από θέμα προετοιμασίας όγκο εργασίας άρα και κατά συνέπεια καλύτερης και πιο άμεσης παροχής υπηρεσιών. Επιπρόσθετα, οι υπεύθυνοι πωλήσεων στα Τεχνικά τμήματα, θα μπορούσαν να τρέχουν το μοντέλο μας κατά την διάρκεια διαφόρων λανσαρισμάτων νέων υπηρεσιών και να αξιολογούν την επιτυχία αυτών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί όπως πραγματοποιήσαμε την λογική στο Βήμα πέντε.



Εικόνα 28. Γράφημα πραγματικών τιμών και τιμών πρόβλεψης για 1 μήνα.

Συμπεράσματα και Προτάσεις

Στη διπλωματική εργασία αυτή εκτελέσαμε μια ολοκληρωμένη ανάλυση των δεδομένων τηλεπικοινωνίας (στον όμιλο Ο.Τ.Ε.), με στόχο να εξετάσουμε την επίδραση των οπτικών ινών στους συνδρομητές. Από την ανάλυσή μας εξάγονται και τα ακόλουθα συμπεράσματα. Αρχικά, παρατηρήσαμε ότι στις πρώτες δέκα ημέρες μετά την αλλαγή των συνδρομητών από τον χαλκό στην οπτική ίνα, οι πελάτες οπτικής ίνας αντιμετωπίζουν λιγότερες βλάβες στις υπηρεσίες τους σε σύγκριση με τους πελάτες που παρέμειναν στον χαλκό. Αυτό υποδεικνύει ότι η οπτική ίνα απορροφά περίπου το 10% των βλαβών του χαλκού με σημαντικές συνέπειες για τον οργανισμό. Ειδικότερα, σχετίζεται άμεσα με την ικανοποίηση του πελάτη αλλά και με το μέλλον των τηλεπικοινωνιών στην Ελλάδα. Επιπλέον, συμπεραίνουμε ότι η επίλυση των βλαβών διαφέρει ανάλογα με το είδος της τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας. Συγκεκριμένα, οι βλάβες σε συμπτώματα χαμηλού συγχρονισμού αντιμετωπίζονται διαφορετικά από τις βλάβες σε άλλα συμπτώματα. Ακόμη, στις περιπτώσεις πριν από την αλλαγή των συνδρομητών από υπηρεσίες χαλκού σε οπτική ίνα, η επίλυση των βλαβών συνήθως περιορίζεται στις μετρήσεις των γραμμών σε εξωτερικούς χώρους, χωρίς να απαιτείται περαιτέρω ενέργεια. Αντίθετα, μετά την αλλαγή, παρατηρούνται μεγαλύτερα ποσοστά επίλυσης των βλαβών με διορθώσεις στο δίκτυο ή ακόμη και αποκοπή της υπηρεσίας σε περιπτώσεις συμπτωμάτων χαμηλού συγχρονισμού. Επιπλέον, αναλύοντας τα δεδομένα, παρατηρούμε μια μικρή βελτίωση στην εισροή των βλαβών μετά την εναλλαγή των συνδρομητών από χαλκό σε οπτική ίνα. Επίσης, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η οπτική ίνα απορροφά πάνω από το **78%** των βλαβών του χαλκού έχοντας σημαντική επίδραση στη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών. Τέλος, εφαρμόσαμε ένα μοντέλο πρόβλεψης χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο fbprophet στη γλώσσα προγραμματισμού Python. Το μοντέλο μας προέβλεψε με επιτυχία την καθημερινή εισροή νέων πελατών για έναν μήνα μπροστά με ποσοστό επιτυχίας κοντά στο 92%. Αυτό το μοντέλο φαίνεται να προβλέπει μια ανοδική πορεία στους νέους πελάτες για το μέλλον, και βάση της προηγούμενης ανάλυσης μας, αυξάνοντας τους νέους πελάτες οπτικής ίνας ο Ο.Τ.Ε, θα μειώσει τις βλάβες του αρα κατά συνέπεια να βελτιώσει τις υπηρεσίες του.

Τα παραπάνω συμπεράσματα αποδεικνύουν ότι η μετάβαση στην οπτική ίνα έχει ποικίλα οφέλη για τους συνδρομητές και την αποτελεσματικότητα της υπηρεσίας, καθώς επίσης και για τη διαχείριση των βλαβών στο δίκτυο.

Αρχικά, ο Ο.Τ.Ε. θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί τα ευρήματα της ανάλυσης μας ενισχύοντας το έργο Fiber to the home. Με την ενίσχυση αυτή θα πετύχει μείωση σε ποσοστά βλαβών καθώς και καλύτερη εμπειρία πελάτη. Επιπλέον, οι βλάβες που θα έχουν να αντιμετωπίσουν τα συνεργεία του, θα είναι ευκολότερες και θα επιλύονται στον χώρο του πελάτη. Επίσης, ο όμιλος θα μπορούσε να επενδύσει παραπάνω στην εκπαίδευση του πελάτη σ' αυτή τη νέα τεχνολογία της οπτικής ίνας, για να προλάβει κάποιες βλάβες στο πεδίο. Επιπρόσθετα, με την αξιολόγηση της καμπάνιας «Δωρεάν διπλασιασμού ταχύτητας» που πραγματοποιήσαμε, σε επίπεδο τεχνικών τμημάτων σ' όλη την Ελλάδα, θα μπορέσει η εταιρία να προετοιμαστεί καλύτερα για ένα μελλοντικό λανσάρισμα αντίστοιχης προωθητικής ενέργειας. Τέλος, το μοντέλο πρόβλεψης θα μπορέσει να αξιοποιηθεί σαν ένα όπλο στην φαρέτρα του ομίλου, καθώς θα μπορέσει σε μηνιαίο επίπεδο να προβλέπει την κίνηση των πελατών. Αυτό θα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί αφενός από τα τεχνικά τμήματα για την προετοιμασία του όγκου εργασίας, αφετέρου από τους υπεύθυνους πωλήσεων, προκειμένου να παρακολουθούν και να προετοιμάζονται για τις νέες ενέργειές τους.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

1. «Όμιλος ΟΤΕ: Επενδύσεις 640 εκατ. σε οπτικές ίνες το», News247, 10 Νοεμβρίου 2022. Διαθέσιμο: <https://www.news247.gr/epixeiriseis/omilos-otependyseis-640-ekat-se-optikes-ines-to-2022.9825804.html> .
2. «Η Ίδρυση του ΟΤΕ: Νέα εποχή για τις τηλεπικοινωνίες στην Ελλάδα», OteGroupMuseum. Διαθέσιμο: <https://www.otegroupmuseum.gr/anakalipse/mt-stories/i-idrissi-tou-ote-nea-epoxi-gia-tis-tilepikinonies-stin-ellada/>. "Η Ίδρυση του ΟΤΕ: Νέα εποχή για τις τηλεπικοινωνίες στην Ελλάδα".
3. «Δωρεάν Αναβάθμιση Ταχυτήτων», Cosmote, 15 Μαρτίου 2022. Διαθέσιμο: <https://www.cosmote.gr/cs/cosmote/gr/freeupgrade.html> .
4. Σολομωνίδου, Χ. (2001). Σύγχρονη εκπαιδευτική τεχνολογία. Υπολογιστές και μάθηση στην κοινωνία της γνώσης. *Θεσσαλονίκη: Κώδικας*.
5. Σάτλας, Κ. (2002). *Ανοιχτή αρχιτεκτονική τηλεπικοινωνιακών συστημάτων για υπηρεσίες φωνής πάνω σε δίκτυα μεταγωγής πακέτων* (Doctoral dissertation, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών. Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και Συστημάτων Πληροφορικής).
6. Τσουλάκης Σ., «Δήμοι και τοπικές αντιδράσεις κόβουν τη φόρα στα έργα για οπτικές ίνες», Business Daily, 26 Φεβρουαρίου 2023. Διαθέσιμο: https://www.businessdaily.gr/oikonomia/80777_dimoi-kai-topikes-antidraseis-koboyn-ti-fora-sta-erga-gia-optikes-ines .

Ξενογλώσση

1. Ayodele, T. O. (2010). Types of machine learning algorithms. *New advances in machine learning*, 3, 19-48.
2. Casier, K., Verbrugge, S., Meersman, R., Colle, D., Pickavet, M., & Demeester, P. (2008, September). A clear and balanced view on FTTH deployment costs. In *Proceedings of FITCE congress* (Vol. 109).
3. Chafiq, T., Ouadoud, M., & Elboukhari, K. (2020). Covid-19 forecasting in Morocco using fbprophet facebook's framework in python. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(5).
4. Collins, T., “8 Advantages of Fiber-Optic Internet vs. Copper Cable”, 2022. Διαθέσιμο: <https://www.atlantech.net/blog/8-advantages-of-fiber-optic-internet-over-copper-cable> .
5. Deshmukh, S. S., & Paramasivam, R. (2016). Forecasting of milk production in India with ARIMA and VAR time series models. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 35(1), 17-22.
6. Taylor J., Letham B., “Diagnostics”, Facebook.github, September 27 2017. Available at : <https://facebook.github.io/prophet/docs/diagnostics.html>
7. Du, W. (2020). *Faculty of Social Sciences* (Doctoral dissertation, The University of Southampton).
8. Duran Rosich, E. (2012). *Assessment on the Deployment of FTTH Networks* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
9. Fujio, S. W., Subramanian, S., & Khder, M. A. (2022). Customer churn prediction in telecommunication industry using deep learning. *Information Sciences Letters*, 11(1), 24.
10. Gaur, S. (2020). Global forecasting of covid-19 using ARIMA based FB-Prophet. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 5(2), 463-467.
11. Jha, B. K., & Pande, S. (2021, April). Time series forecasting model for supermarket sales using FB-prophet. In *2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)* (pp. 547-554). IEEE.

12. Johnson, W., “The Disadvantages of Copper Wire”, 2018. Available at :
<https://sciencing.com/good-conductors-8531678.html>
13. Kusumaputri, F. H., Sakdiyah, N. A. I., Riswandi, M. I., Ridwan, M., & Apriono, C. (2021, September). Fiber To The Home Access Networks Housing Design in A West Semarang sub-district. In *2021 8th International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE)* (pp. 195-200). IEEE.
14. Lee, C. H., Sorin, W. V., & Kim, B. Y. (2006). Fiber to the home using a PON infrastructure. *Journal of lightwave technology*, 24(12), 4568-4583.
15. Mahesh, B. (2020). Machine learning algorithms-a review. *International Journal of Science and Research (IJSR).[Internet]*, 9(1), 381-386.
16. Markus, M. L. (1994). Finding a happy medium: Explaining the negative effects of electronic communication on social life at work. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, 12(2), 119-149.
17. Maxine F., “Fiber to the home and increased customer satisfaction”, Ppc-online, 2018. Available at: <https://www.ppc-online.com/blog/fiber-to-the-home-and-increased-customer-satisfaction> .
18. Musumeci, F., Rottondi, C., Nag, A., Macaluso, I., Zibar, D., Ruffini, M., & Tornatore, M. (2018). An overview on application of machine learning techniques in optical networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(2), 1383-1408.
19. Patandung, S., & Jatnika, I. (2021). The FB Prophet Model Application to the Growth Prediction of International Tourists in Indonesia during the COVID-19 Pandemic. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 6(2), 110-115.
20. Plückebaum, T., & Sanchez, J. E. (2016). GPON and TWDM-GPON in the context of the wholesale local access market. *Study for the Irish Regulator (ComReg)*.
21. Taylor J., Letham B., “Prophet: Automatic Forecasting Procedure”, Pypi. Available at: <https://pypi.org/project/fbprophet/>

22. Rafferty, G. (2021). *Forecasting Time Series Data with Facebook Prophet: Build, improve, and optimize time series forecasting models using the advanced forecasting tool*. Packt Publishing Ltd.
23. Reuters S., “OTE starts Greece's first fiber-to-the-home for ultra-fast broadband”, 2018. Available at: <https://www.reuters.com/article/us-ote-telecom-fiberoptics-idINKBN1K01KW> .
24. Samuel, A. L. (1959). Machine learning. *The Technology Review*, 62(1), 42-45.
25. Schaffer, A. L., Dobbins, T. A., & Pearson, S. A. (2021). Interrupted time series analysis using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models: a guide for evaluating large-scale health interventions. *BMC medical research methodology*, 21(1), 1-12.
26. Spickard, J. V. (2016). *Research basics: Design to data analysis in six steps*. Sage Publications.
27. Tampa C., “The Many Advantages of Using Fiber Optics”, 2022. Available at: <https://www.ufinet.com/the-many-advantages-of-using-fiber-optics/> .
28. Taylor, S. J., & Letham, B. (2018). Forecasting at scale. *The American Statistician*, 72(1), 37-45.
29. Vasselin H., & Bertrand J.(2022) . Is Facebook Prophet suited for doing good predictions in a real-world project. Ανακτήθηκε από: <https://www.artefact.com/blog/is-facebook-prophet-suited-for-doing-good-predictions-in-a-real-world-project/> .
30. Wikipedia, “Fiber to the X”. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x .
31. Willmott, C. J., & Matsuura, K. (2005). Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate research*, 30(1), 79-82.
32. Woodward, B. (2014). *Cabling: the complete guide to copper and fiber-optic networking*. John Wiley & Sons.

Προσαρτήματα

Κώδικας Python

```
import warnings;
warnings.simplefilter('ignore')
from sklearn.metrics import mean_squared_error
import pandas as pd
from prophet import Prophet
import seaborn as sns
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from prophet.plot import add_changepoints_to_plot
import numpy as np
from prophet.plot import plot_plotly, plot_components_plotly

plt.style.use('ggplot')
plt.style.use('fivethirtyeight')

#read dataset
df = pd.read_csv(r'C:\Users\Tsekas\Desktop\FTTH_CUSTOMERS22.csv',
delimiter=';')
df['FTTH_DATES']=pd.to_datetime(df['FTTH_DATES'])
df['FTTH_DATES']=df['FTTH_DATES'].dt.strftime('%d-%m-%Y')

# rename the columns to 'ds' and 'y'
df.rename(columns={'FTTH_DATES': 'ds' }, inplace=True)
df.rename(columns= {'COUNT': 'y'}, inplace=True)
df['ds'] = pd.to_datetime(df['ds'], format='%d-%m-%Y')

#plot the dataset
color_pal = sns.color_palette()
df.plot(style='-', x='ds', y='y',
        figsize=(10, 6), color=color_pal[0],
        title='Customers Over Time',
        xlabel='Customers', ylabel='Dates')
plt.show()

#Entopismos ta S/K
import datetime
start_date = datetime.date(2021,1,4)
end_date = datetime.date(2023,10,1)
saturdays_and_sundays = []
```

```
current_date = start_date
while current_date <= end_date:
    if current_date.weekday() == 5: # SAVVATO
        saturdays_and_sundays.append(current_date)
    elif current_date.weekday() == 6: # KYRIAKI
        saturdays_and_sundays.append(current_date)

    current_date += datetime.timedelta(days=1)

# Create a DataFrame
holidays_df = pd.DataFrame({
    'ds': saturdays_and_sundays,
    'holiday': 'weekend'
})
holidays_df['ds'] = pd.to_datetime(df['ds'], format='%Y-%m-%d')

zero_days = pd.DataFrame({'holiday': 'Zero_Days',
                          'ds': pd.to_datetime(['2021-04-04', '2021-
05-02', '2021-05-23', '2021-06-06',
          '2021-06-20', '2021-06-27', '2021-07-04', '2021-07-11',
          '2021-07-18', '2021-08-01', '2021-08-08', '2021-08-15',
          '2021-08-22', '2021-08-29', '2021-09-12', '2021-09-26',
          '2021-10-03', '2021-10-10', '2021-10-17', '2021-11-07',
          '2021-11-21', '2021-11-28', '2022-01-01', '2022-01-02',
          '2022-01-06', '2022-01-09', '2022-01-23', '2022-02-27',
          '2022-03-06', '2022-03-07', '2022-03-25', '2022-03-27',
          '2022-04-23', '2022-04-24', '2022-04-25', '2022-05-01',
          '2022-05-02', '2022-05-15', '2022-05-22', '2022-06-12',
          '2022-06-19', '2022-06-26', '2022-07-03', '2022-07-10',
          '2022-07-17', '2022-08-14', '2022-08-15', '2022-12-25',
          '2023-01-01'])})
zero_days['ds']=pd.to_datetime(zero_days['ds'],format='%Y-%m-%d')
holidays =
pd.concat([holidays_df,zero_days]).sort_values('ds').reset_index(drop=True)

# Tune the model with HyperParameters
m = Prophet(yearly_seasonality=2.5,
            holidays=holidays,
            seasonality_mode='multiplicative',
            changepoint_prior_scale=0.95,
            changepoint_range=0.9,
            n_changepoints=80,
            holidays_prior_scale=5)
m.add_country_holidays(country_name='Greece')
```

```
train = df.iloc[:len(df)-90]
test = df.iloc[len(df)-90:]
model = m.fit(train)

# Forecast for 30 days ahead
future = m.make_future_dataframe(periods=30 ,freq='D',
include_history=True)
forecast = m.predict(future)
forecast.yhat = np.maximum(forecast.yhat, 0)
print(forecast[['ds', 'yhat', 'yhat_lower', 'yhat_upper']])

#entopismos pou allazei to trend
fig = m.plot(forecast)
a = add_changepoints_to_plot(fig.gca(), m, forecast)

#real_future = pd.read_csv(r'C:\Users\Lalakis\Desktop\future22.csv',
delimiter=';')
#eval= pd.concat([forecast['yhat'], real_future['COUNT']], axis=1)
#print(eval)

# Set Seaborn style
sns.set(style='whitegrid')

# Dimiourgia forecast kai actual values gia thn aksiologhsh
forecast_dates = forecast[-30:]['ds'] # 30 meres
forecasted_values = forecast[-30:]['yhat']
actual_values = test[test['ds'].isin(forecast_dates)]['y']
# RMSE
forecast['error'] = actual_values - forecasted_values
rmse = np.sqrt(np.mean(forecast['error'] ** 2))
print("RMSE:", rmse)
# MAPE
forecast['abs_error_pct'] = np.abs(actual_values - forecasted_values) /
actual_values * 100
mape = np.mean(forecast['abs_error_pct'])
print("MAPE:", mape)

#entopismos pou allazei to trend
fig = m.plot(forecast)
a = add_changepoints_to_plot(fig.gca(), m, forecast)

#Plot the forecast
plot1= m.plot(forecast)
plt.title('Forecast for 30 Days')
plt.xlabel('Dates')
```

```
plt.ylabel('Customers')  
plt.show()  
  
#Plot the Components  
plt2 = m.plot_components(forecast)  
plt.show()
```

Κώδικας SQL

- SELECT
a.BSS_ORDER,
a.CLI_NUMBER_CODE,
a.OTE_REGION_DESC,
a.DEPARTMENT_DESC,
a.CONSTR_Date,
a.ftth_ind_soc,
a.TECHNICAL_UNIT_DESC,
b.CREATION_DATE,
b.SR_num,
b.x_solution,
CASE
WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Νεκρό','Νεκρό-Registered')
then 'Νεκρό'
 WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Χαμηλός συγχρονισμός')
then 'Χαμηλός συγχρονισμός'
 WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Συγχρονίζει, δεν παίρνει IP')
THEN 'Συγχρονίζει, δεν παίρνει IP'
WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Δε συνδέεται το ONT (δε
σταθεροποιείται το LED Alarm/Los)') then 'Δε συνδέεται το ONT (δε
σταθεροποιείται το LED Alarm/Los)'
 WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Δυσλειτουργία CPE') then
'Δυσλειτουργία Εξοπλισμού'
 WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Νεκρό','Συχνές διακοπές

```

τηλεφωνίας') then 'Πρόβλημα στην Τηλεφωνία'
    WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Δυσλειτουργία CPE') then
'Dυσλειτουργία Εξοπλισμού'
    WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Δε συγχρονίζει') then 'Δε
συγχρονίζει'
    WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Αποσυνδέσεις - Απώλεια
συγχρονισμού','Αποσυνδέσεις - Απώλεια IP') then 'Αποσυνδέσεις - Απώλεια
συγχρονισμού'
    WHEN nvl(b.SR_SYMPTOM_DESC,'NA') in ('Δε συγχρονίζει-Πιθανό
σφάλμα μικτονόμισης','Θόρυβος','Συχνές διακοπές τηλεφωνίας','Πρόβλημα
εισερχομένων','Σωστός συγχρονισμός - χαμηλό downloading','Διακοπή
Δικτύου','Πρόβλημα εξερχομένων','Μαζική βλάβη','Πρόβλημα ψηφιακών
ευκολιών','Αντιστροφή','Υπόδειξη γραμμής','Μονόδρομη ακουστικότητα')
    THEN 'TOP_REST_SYMPTOMS'
    ELSE 'REST' END GROUP_SYMPTOM,
trunc(b.CREATION_DATE) - trunc(a.CONSTR_Date) diafora,
CASE
    when trunc(b.CREATION_DATE) >= trunc(a.CONSTR_Date) then 'After'
ELSE 'Before' END Time,
CASE
when trunc(b.CREATION_DATE) - trunc(a.CONSTR_Date)> 10 then 'More
than 10 days'
WHEN (trunc(b.CREATION_DATE) - trunc(a.CONSTR_Date)<=10 and
trunc(b.CREATION_DATE) - trunc(a.CONSTR_Date)>=5) then '5 to 10 days'
WHEN trunc(b.CREATION_DATE) - trunc(a.CONSTR_Date)=4 then '4 days'
WHEN trunc(b.CREATION_DATE) - trunc(a.CONSTR_Date)=3 then '3 days'
WHEN trunc(b.CREATION_DATE) - trunc(a.CONSTR_Date)=2 then '2 days'
WHEN trunc(b.CREATION_DATE) - trunc(a.CONSTR_Date)between 0 and 1
THEN '1 day'
WHEN trunc(a.CONSTR_Date) - trunc(b.CREATION_DATE)> 10 then
'Before than 10 days'
WHEN (trunc(a.CONSTR_Date) - trunc(b.CREATION_DATE)<=10 and

```

```

trunc(a.CONSTR_Date) - trunc(b.CREATION_DATE)>=5) then '5 to 10 days'
WHEN trunc(a.CONSTR_Date) - trunc(b.CREATION_DATE)=4 then '4 days'
WHEN trunc(a.CONSTR_Date) - trunc(b.CREATION_DATE)=3 then '3 days'
WHEN trunc(a.CONSTR_Date) - trunc(b.CREATION_DATE)=2 then '2 days'
WHEN trunc(a.CONSTR_Date) - trunc(b.CREATION_DATE)between 0 and 1
THEN'1 day'
ELSE 'more work' END

test

FROM

ooo_step1 a,
fff_step3 b

WHERE

product='INTERNET' AND

a.CONSTR_Date BETWEEN to_date('4/1/2021','DD/MM/YYYY') AND
to_date('14/5/2023','DD/MM/YYYY') AND

a.CLI_NUMBER_CODE =b.cli_num (+) AND

b.CREATION_DATE -trunc( a.CONSTR_Date) between -60 and 60 AND

b.SR_TYPE_DESC='OCT' AND

b.SR_AREA_DESC in ('Βλάβη') AND

b.MOB_FIX_FLG ='Fixed' and

b.SRIA_IVR_DIVISION_NAME in ('Technical corp.','Technical')and

b.SR_STATUS_CODE in('Closed','Completed','In Progress')

• SELECT to_date(day||'-'||month||'-'||year , 'dd/mm/yyyy') as FTTH_DATES ,
count
FROM
( SELECT
EXTRACT(YEAR FROM CONSTR_DATE) AS year,
EXTRACT(MONTH FROM CONSTR_DATE) AS month,
EXTRACT(DAY FROM CONSTR_DATE) AS day,
COUNT(*) AS count
FROM ooo_step1

```

```
WHERE fth_ind_soc in ('1')
AND product='INTERNET'
AND TRUNC(CONSTR_DATE) BETWEEN TO_DATE
('04/01/2021','DD/MM/YYYY') AND TO_DATE
('16/06/2023','DD/MM/YYYY')
GROUP BY EXTRACT(YEAR FROM CONSTR_DATE) ,
EXTRACT(MONTH FROM CONSTR_DATE),
EXTRACT(DAY FROM CONSTR_DATE)
ORDER BY EXTRACT(YEAR FROM CONSTR_DATE) ,
EXTRACT(MONTH FROM CONSTR_DATE),
EXTRACT(DAY FROM CONSTR_DATE))
ORDER BY to_date(day||'-'||month||'-'||year , 'dd/mm/yyyy')
```