

# Προγραμματιστική Εργασία Πρόβλεψη κόστους ασφάλισης οχημάτων

Χαρά Τσίρκα, Πρόδρομος Αβραμίδης, Γεώργιος Γεροντίδης

{ctsirka, pavramidis, ggerontidis}@e-ce.uth.gr  
8 εξάμηνο



Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών  
Υπολογιστών  
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος

**Εξόρυξη Δεδομένων 2023-24**  
Διδάσκον: Μ.Βασιλακόπουλος

Μάιος 2024

## 1 Εισαγωγή

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανάπτυξη μίας εφαρμογής επιχειρησιακής αναλυτικής και ειδικότερα μίας εφαρμογής πρόβλεψης της τιμής ασφάλισης οχημάτων. Μία τέτοια εφαρμογή μπορεί να φανεί εξαιρετικά χρήσιμη σε εταιρείες ασφάλισης οχημάτων, καθώς τους επιτρέπει να λαμβάνουν τεκμηριωμένες επιχειρηματικές αποφάσεις και άρα να αποφεύγουν το ενδεχόμενο ζημίας. Λαμβάνοντας υπόψη τους διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος ασφάλισης οχημάτων, η εφαρμογή που αναπτύχθηκε παρουσιάζει στον χρήστη-υπάλληλο μία προτεινόμενη τιμή χρέωσης για κάθε πελάτη που σκοπεύει να ασφαλίσει το όχημά του.

Για την πρόβλεψη της τιμής ασφάλισης χρησιμοποιήθηκε το σύνολο δεδομένων "Motor\_vehicle\_insurance\_data.csv" το οποίο βρίσκεται στα παραδοτέα αρχεία. Η διαδικασία της εργασίας ξεκινά με την κατάλληλη προ-επεξεργασία των δεδομένων, κατά την οποία πραγματοποιήθηκε εξερευνητική ανάλυση (exploratory analysis) για τον προσδιορισμό των κριτηρίων διαχωρισμού των δεδομένων αλλά και του βαθμού επίδρασης κάθε χαρακτηριστικού (feature) του συνόλου δεδομένων στα αποτελέσματα. Εφαρμόστηκαν τρία διαφορετικά μοντέλα πρόβλεψης (XGBoost, RandomForest, NeuralNetwork), τα αποτελέσματα των οποίων οπτικοποιήθηκαν, αξιολογήθηκαν και συγκρίθηκαν.

Στη συνέχεια αναπτύχθηκε η εφαρμογή πρόβλεψης της τιμής ασφάλισης οχημάτων ανάλογα με την είσοδο του χρήστη, στην οποία χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο που είχε την καλύτερη απόδοση.

## 2 Περιγραφή dataset

Το dataset το οποίο επιλέξαμε αποτελείται από 30 μεταβλητές (columns) και 105555 εγγραφές. Στους παρακάτω πίνακες δίνεται μία σύντομη περιγραφή της κάθε μεταβλητής:

| Μεταβλητή            | Περιγραφή   |
|----------------------|---|
| ID                   | Εσωτερικός αριθμός αναγνώρισης που εκχωρείται σε κάθε ετήσια σύμβαση που επισημοποιείται από έναν ασφαλισμένο. Κάθε ασφαλισμένος μπορεί να έχει πολλές σειρές στο σύνολο δεδομένων, που αντιπροσωπεύουν διαφορετικές προσόδους του προϊόντος. |
| Date_start_contract  | Ημερομηνία έναρξης του συμβολαίου (HH/MM/YYYY).   |
| Date_last_renewal    | Ημερομηνία τελευταίας ανανέωσης του συμβολαίου (HH/MM/YYYY).  |
| Date_next_renewal    | Ημερομηνία επόμενης ανανέωσης του συμβολαίου (HH/MM/YYYY).  |
| Distribution_channel | Κανάλι μέσω του οποίου έγινε το ασφαλιστήριο, 0: για Πράκτορα, 1: για Ασφαλιστικοί μεσίτες.   |
| Date_birth           | Ημερομηνία γέννησης του ασφαλισμένου που δηλώνεται στο ασφαλιστήριο (HH/MM/YYYY).   |
| Date_driving_licence | Ημερομηνία έκδοσης της άδειας οδήγησης του ασφαλισμένου (HH/MM/YYYY).   |

| Μεταβλητή          | Περιγραφή   |
|--------------------|---|
| Seniority          | Συνολικός αριθμός ετών που ο ασφαλισμένος έχει συνδεθεί με την ασφαλιστική οντότητα, υποδεικνύοντας το επίπεδο αρχαιότητάς του.   |
| Policies_in_force  | Συνολικός αριθμός συμβολαίων που κατείχε ο ασφαλισμένος στην ασφαλιστική οντότητα κατά την περίοδο αναφοράς.  |
| Max_policies       | Μέγιστος αριθμός συμβολαίων που είχε ποτέ σε ισχύ ο ασφαλισμένος με τον ασφαλιστικό φορέα.  |
| Max_products       | Μέγιστος αριθμός προϊόντων που κατέχει ο ασφαλισμένος ταυτόχρονα σε οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή.  |
| Lapse              | Αριθμός πολιτικών που ο πελάτης έχει ακυρώσει ή έχει ακυρωθεί λόγω μη πληρωμής κατά το τρέχον έτος λήξης, εξαιρουμένων αυτών που έχουν αντικατασταθεί από άλλο συμβόλαιο. |
| Date_Lapse         | Ημερομηνία ακύρωσης της σύμβασης (HH/MM/YYYY).  |
| Payment            | Τελευταία μέθοδος πληρωμής της πολιτικής<br>1: εξαμηνιαία πληρωμή, 0: ετήσια πληρωμή  |
| Premium            | Καθαρό ποσό ασφαλιστρού που σχετίζεται με το ασφαλιστήριο συμβόλαιο κατά τη διάρκεια του τρέχοντος έτους.   |
| Cost_claims_year   | Συνολικό κόστος ζημιών που πραγματοποιήθηκαν για το ασφαλιστήριο συμβόλαιο κατά τη διάρκεια του τρέχοντος έτους.  |
| N_claims_year      | Συνολικός αριθμός ζημιών που πραγματοποιήθηκαν για το ασφαλιστήριο συμβόλαιο κατά τη διάρκεια του τρέχοντος έτους.  |
| N_claims_history   | Συνολικός αριθμός απαιτήσεων που υποβλήθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια του ασφαλιστηρίου συμβολαίου.   |
| R_Claims_history   | Παρέχει μια ένδειξη του ιστορικού συχνότητας αξιώσεων του ασφαλιστηρίου.  |
| Type_risk          | Τύπος κινδύνου για κάθε όχημα<br>1: μοτοσικλέτα, 2: μικρά φορτηγά, 3: επιβατικά οχήματα, 4: αγροτικά οχήματα  |
| Area               | 0: αγροτική περιοχή, 1: αστική περιοχή (>30.000 κάτοικοι όσον αφορά τις κυκλοφοριακές συνθήκες)   |
| Second_driver      | 1: περισσότεροι από ένας δηλωμένοι οδηγοί<br>0: μόνο ένας δηλωμένος οδηγός  |
| Year_matriculation | Έτος καταχώρησης οχήματος (EEEE)  |
| Power              | Ίπποι δύναμης οχήματος  |
| Cylinder_capacity  | Χωρητικότητα κυλίνδρων του οχήματος   |
| Value_vehicle      | Αξία αγοράς οχήματος στις 31/12/2019  |
| N_doors            | Αριθμός θυρών οχήματος  |
| Type_fuel          | Τύπος καυσίμου, P: πετρέλαιο, D: ντίζελ   |
| Length             | Μήκος του οχήματος σε m   |
| Weight             | Βάρος του οχήματος σε kg  |

### 3 Data preprocessing

Το πρώτο βήμα για την προεπεξεργασία των δεδομένων ήταν να κρατήσουμε μία γραμμή για κάθε 'ID'. Σε ένα 'ID' μπορεί να αντιστοιχούν περισσότερες από μία γραμμές που αντιπροσωπεύουν το ίδιο συμβόλαιο του ίδιου πελάτη για διαφορετική χρονική περίοδο. Έτσι, για κάθε 'ID' κρατάμε την τελευταία ανανέωση του συμβολαίου, δηλαδή την γραμμή με το μεγαλύτερο χρονολογικά 'last\_renewal\_date'. Έπειτα, στη θέση του 'premium' υπολογίζουμε και τοποθετούμε τον μέσο όρο των 'premium' όλων των γραμμών με κοινό 'ID'.

Το δεύτερο βήμα ήταν η επεξεργασία όλων των ημερομηνιών. Ειδικότερα, οι στήλες 'Date\_birth', 'Date\_driving\_license', 'Date\_start\_contract', 'Date\_last\_renewal', 'Date\_next\_renewal', 'Date\_lapse' δίνονται στην μορφή HH/MM/YYYY. Αρχικά, για κάθε μία από αυτές τις μεταβλητές κρατήσαμε το έτος (YYYY) και στην συνέχεια πραγματοποιώντας τις κατάλληλες αφαιρέσεις δημιουργήσαμε νέες στήλες στο dataset που πήραν την θέση αυτών που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Έτσι, δημιουργήσαμε τις στήλες: 'Age' που προσδιορίζει την ηλικία του πελάτη, 'Years\_driving' που προσδιορίζει πόσα χρόνια οδηγεί ο πελάτης, 'Year\_on\_road' που προσδιορίζει πόσα χρόνια κυκλοφορεί το κάθε όχημα υπό την κατοχή συγκεκριμένου πελάτη, 'Policy Duration' που υποδεικνύει την διάρκεια του εκάστοτε συμβολαίου σε χρόνια και 'Years\_on\_policy' που προσδιορίζει πόσα χρόνια ο πελάτης βρίσκεται στον ίδιο τύπο συμβολαίου. Πρέπει να σημειωθεί πως το dataset περιέχει δεδομένα μέχρι και το 2019. Για να έχουμε μια σωστή εικόνα των χρονολογιών σε όλες αυτές τις μεταβλητές που δημιουργήσαμε, χρησιμοποιήσαμε ως σημείο αναφοράς την χρονολογία τελευταίας ανανέωσης του συμβολαίου. Για παράδειγμα η μεταβλητή 'Age' προκύπτει από την αφαίρεση: 'Age' = 'Date\_last\_renewal' - 'Date\_birth'.

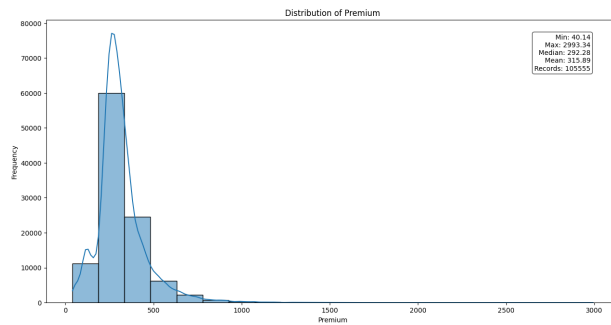
Επιπλέον, δημιουργήσαμε μία ακόμη νέα στήλη με όνομα 'accidents' για να υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ των αριθμών των ατυχημάτων με τα χρόνια που ένας πελάτης είναι ασφαλισμένος στην εταιρεία.

Διαχειριστήκαμε την απουσία τιμών με δύο τρόπους. Στην στήλη 'Length' αντικαταστήσαμε τα κενά πεδία με τον μέσο όρο των τιμών της στήλης. Στην στήλη 'Type\_fuel' αντικαταστήσαμε τα κενά πεδία με την τιμή 'Unknown'.

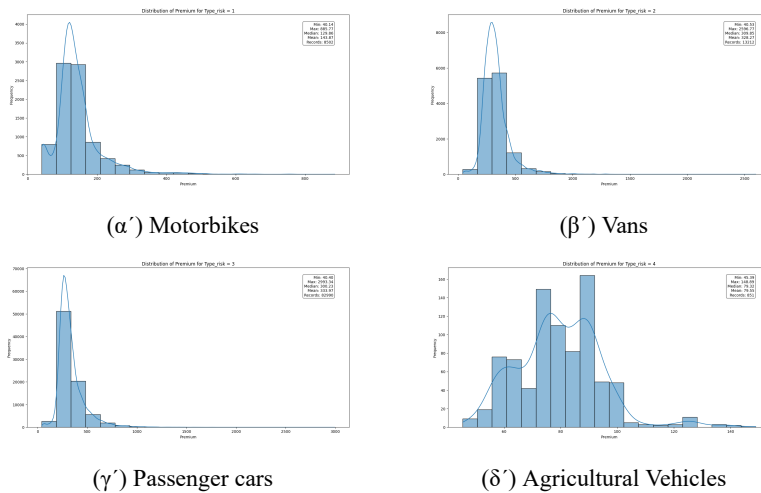
Μετά από δοκιμές διαπιστώσαμε πως κάποιες μεταβλητές του dataset δεν συνεισφέρουν καθόλου στην βελτίωση της απόδοσης και παραλείφθηκαν. Οι στήλες που χρησιμοποιήθηκαν τελικά είναι οι: 'Seniority', 'Premium', 'Type\_risk', 'Area', 'Power', 'Second\_driver', 'Years\_on\_road', 'R\_claims\_history', 'Years\_on\_policy', 'accidents', 'Value\_vehicle', 'Age', 'Years\_driving', 'Distribution\_channel', 'N\_claims\_history', 'Cylinder\_capacity', 'Weight', 'Length', 'Type\_fuel', 'Payment', 'Contract\_year', 'Policies\_in\_force', 'Lapse'.

### 4 Ανάλυση Δεδομένων

Στο πρώτο διάγραμμα [Εικ.1] παρουσιάζεται η κατανομή των ασφαλιστρών για όλες τις καταχωρίσεις. Τα επόμενα διαγράμματα [Εικ.2] δείχνουν την κατανομή των ασφαλιστρών για κάθε κατηγορία οχήματος ξεχωριστά.



Εικ. 1: Οθόνη prem



Εικ. 2: Comparison of Different Vehicle Types

**Παρατήρηση 1** Εύκολα διαπιστώνεται από το πρώτο ολικό διάγραμμα ότι οι ασφαλιστικές τιμές πάνω από 500 είναι ελάχιστες και δεν επηρεάζουν σημαντικά το τελικό αποτέλεσμα. Ωστόσο, όταν κατηγοριοποιήσαμε τα δεδομένα, παρατηρήσαμε ότι η διασπορά των τιμών στα αγροτικά οχήματα ήταν μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα η διαφοροποίηση του μοντέλου ανά κατηγορία οχήματος να είναι απαραίτητη.

## 5 Εκπαίδευση μοντέλων

Αρχικά εκπαιδεύσαμε τα μοντέλα μη διαχωρίζοντας τα ανά τύπο οχήματος ("Type\_risk"). Ύστερα από παρατήρηση των αποτελεσμάτων, φαινόταν καλύτερη η επιλογή να εκ-

παιδεύσουμε τα μοντέλα για κάθε τύπο οχήματος ξεχωριστά, όπως εξηγείται και στην Παρατήρηση [1].

## 5.1 XGBoost

Το πρώτο μοντέλο πρόβλεψης που χρησιμοποιήσαμε ήταν το XGBoost. Παρακάτω αναφέρονται οι παράμετροι που επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο μοντέλο, ενώ στις παρενθέσεις βρίσκεται το συνηθισμένο εύρος τιμών, δηλαδή το εύρος που έγιναν οι δοκιμές για να πετύχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα.

**Objective (linear):** Το ‘reg:squarederror’ είναι το προεπιλεγμένο και ευρέως χρησιμοποιούμενο loss function για regression tasks, παρέχοντας ένα σαφές πλαίσιο για τη βελτιστοποίηση του μοντέλου XGBoost. Συγκεκριμένα, είναι κατάλληλο για την πρόβλεψη ασφάλιστρων, καθώς στοχεύει στην επίτευξη υψηλής ακρίβειας στην πρόβλεψη της συνεχούς τιμής των ασφάλιστρων.

**Eval\_metric (‘rmse’, ‘mae’):** Για το eval\_metric, επιλέξαμε το ‘rmse’ (Root Mean Squared Error) επειδή είναι ένα ευρέως αποδεκτό μέτρο για regression tasks. Αναλυτικότερα, δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα σε μεγαλύτερες αποκλίσεις (λάθη) μεταξύ πραγματικών και προβλεπόμενων τιμών, γεγονός που μπορεί να είναι χρήσιμο στην ασφαλιστική πρόβλεψη όπου τα μεγάλα λάθη μπορεί να είναι πιο σοβαρά.

**Learning\_rate (0.001-0.3):** Ο ρυθμός μάθησης (learning rate) επηρεάζει πόσο γρήγορα προσαρμόζεται το μοντέλο κατά την εκπαίδευση. Επιλέχθηκε η τιμή 0.01 έπειτα από δοκιμές, διότι όντας σχετικά χαμηλή τιμή επιβραδύνει τη διαδικασία μάθησης, μειώνοντας την πιθανότητα υπερβολικής προσαρμογής (overfitting).

**Max\_depth (3-10):** Το μέγιστο βάθος των δέντρων στο μοντέλο. Ένας μεγαλύτερος αριθμός επιτρέπει πιο περίπλοκα δέντρα, αλλά μπορεί να οδηγήσει σε overfitting, επομένως επιλέχθηκε η τιμή 6.

**Min\_child\_weight (1-10):** Ελάχιστο βάρος που πρέπει να έχει ένας κόμβος για να διαχωριστεί. Επηρεάζει την ευαισθησία του μοντέλου στις διακυμάνσεις στα δεδομένα. Ύστερα από δοκιμές προτιμήθηκε ο αριθμός βάρους 5.

**Subsample (0.5-1):** Αναφέρεται στο ποσοστό των δειγμάτων που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε επανάληψη της εκπαίδευσης. Ένα ποσοστό 0.8 σημαίνει ότι το 80% των δειγμάτων θα χρησιμοποιηθεί.

**Colsample\_bytree (0.5-1):** Το ποσοστό των χαρακτηριστικών (columns) που θα επιλεγθούν τυχαία για να κατασκευαστεί κάθε δέντρο στο μοντέλο. Ένα ποσοστό 0.8 σημαίνει ότι το 80% των χαρακτηριστικών θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε δέντρο.

**N\_estimators (100-2000):** Ο αριθμός των δέντρων που θα κατασκευαστούν στο μοντέλο. Δοκιμάστηκαν διάφοροι αριθμοί, συμπεριλαμβανομένων μεγαλύτερων από 1000,

αλλά δεν υπήρχε μεγάλη βελτίωση στην απόδοση του μοντέλου, ενώ ο χρόνος εκπαίδευσης αυξανόταν σημαντικά. Έτσι, ως βέλτιστη θεωρήθηκε η τιμή 1000.

**Seed:** Για να καταφέρουμε να εξασφαλίσουμε επαναληψιμότητα στα δεδομένα μας και να αφαιρεθεί η τυχαιότητα, επιλέξαμε έναν σταθερό αριθμό seed 42.

| Parameter        | Before Tuning    | After Tuning     |
|------------------|------------------|------------------|
| objective        | reg:squarederror | reg:squarederror |
| eval_metric      | rmse             | rmse             |
| learning_rate    | 0.05             | 0.01             |
| max_depth        | 4                | 5                |
| min_child_weight | 1                | 5                |
| subsample        | 0.7              | 0.8              |
| colsample_bytree | 0.7              | 0.8              |
| n_estimators     | 500              | 1000             |
| seed             | 42               | 42               |

Πίνακας 1: XGBoost Parameter Settings Before and After Tuning

|                       | Before Tuning      |                        |                      | After Tuning       |                        |                      |
|-----------------------|--------------------|------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
|                       | Mean squared error | Average Absolute Error | R <sup>2</sup> Score | Mean squared error | Average Absolute Error | R <sup>2</sup> Score |
| Motorbikes            | 2298.58            | 30.097                 | 0.564                | 2228.745           | 29.779                 | 0.5779               |
| Vans                  | 8087.68            | 61.148                 | 0.367                | 7846.43            | 60.345                 | 0.386                |
| Passenger Cars        | 10776.074          | 69.165                 | 0.378                | 10693.593          | 69.07                  | 0.383                |
| Agricultural Vehicles | 356.954            | 13.416                 | -0.266               | 311.899            | 12.15                  | -0.1068              |

Πίνακας 2: XGBoost Parameter Tuning Results

## 5.2 Random forest

Το δεύτερο μοντέλο πρόβλεψης που χρησιμοποιήσαμε ήταν το RandomForest. Παρακάτω αναφέρονται οι παράμετροι που επιλέχθηκαν για το συγκεκριμένο μοντέλο, ενώ στις παρενθέσεις βρίσκεται το συνηθισμένο εύρος τιμών, δηλαδή το εύρος που έγιναν οι δοκιμές για να πετύχουμε το βέλτιστο αποτέλεσμα.

**N\_estimators (100-1000):** Επιλέχθηκε η τιμή 700, διότι παρατηρήθηκε ότι, παρόλο που η αύξηση της τιμής βελτίωνε την απόδοση του RF, ο χρόνος εκτέλεσης αυξανόταν σημαντικά λόγω της δημιουργίας πολλών δέντρων.

**Max\_depth (10-20):** Επιλέχθηκε η τιμή 15, καθώς η αύξηση της τιμής αυξάνει τον κίνδυνο overfitting, αν και προσφέρει σημαντική βελτίωση στην απόδοση του RF.

**Min\_samples\_split (2-10):** Επιλέχθηκε η τιμή 4, που βρίσκεται στη μέση του εύρους τιμών, για να ισορροπήσει μεταξύ της πρόληψης του overfitting και της διατήρησης της απόδοσης του μοντέλου.

**Min\_samples\_leaf (2-10):** Επιλέχθηκε η τιμή 2, διότι παρατηρήθηκε ότι η αύξηση της τιμής αυτής της παραμέτρου βελτιώνει μόνο την απόδοση οχημάτων "type\_risk4", ενώ έπεφτε η συνολική απόδοση σε κάθε άλλο τύπο οχήματος.

**Max\_features ('sqrt', 'log2', ή float 0.1-1):** Συνήθως, σε αλγορίθμους RF προτιμάται η τιμή 'sqrt', και αυτή επιλέχθηκε και από εμάς για καλύτερη απόδοση.

**Bootstrap (True, False):** Επιλέξαμε να έχουμε bootstrap, καθώς βελτιώνονται σημαντικά τα αποτελέσματα σε σύγκριση με την επιλογή της μη ύπαρξής τους.

**N\_jobs (-1, 1, αριθμός πυρήνων):** Με την επιλογή της τιμής -1, χρησιμοποιούμε όλους τους διαθέσιμους πυρήνες.

**Random\_state:** Πρόκειται για τιμή τυχαιότητας όπως το seed στο XGBoost. Έχει επιλεγεί και εδώ η τιμή 42.

| Parameter         | Before Tuning | After Tuning |
|-------------------|---------------|--------------|
| n_estimators      | 100           | 700          |
| max_depth         | 10            | 15           |
| min_samples_split | 2             | 4            |
| min_samples_leaf  | 2             | 2            |
| max_features      | log2          | sqrt         |
| bootstrap         | False         | True         |
| n_jobs            | -1            | -1           |
| random_state      | 42            | 42           |

Πίνακας 3: RandomForest Parameter Settings Before and After Tuning

### 5.3 NeuralNetwork

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική και την λειτουργία του νευρωνικού, το δίκτυο χρησιμοποιεί embeddings για τα κατηγορικά χαρακτηριστικά, μετατρέποντάς τα σε αριθμητική μορφή βάσει συγκεκριμένου μεγέθους ενσωμάτωσης. Τα αριθμητικά χαρακτηριστικά και οι ενσωματώσεις των κατηγορικών χαρακτηριστικών συνδυάζονται σε ένα ενιαίο σύνολο εισόδων. Το νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από πολλά πλήρως συνδεδεμένα στρώματα με διαφορετικό αριθμό μονάδων, μειώνοντας σταδιακά τους νευρώνες,



|                       | Before Tuning      |                        |                      | After Tuning       |                        |                      |
|-----------------------|--------------------|------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
|                       | Mean squared error | Average Absolute Error | R <sup>2</sup> Score | Mean squared error | Average Absolute Error | R <sup>2</sup> Score |
| Motorbikes            | 2380.952           | 30.542                 | 0.549                | 2265.092           | 29.42                  | 0.571                |
| Vans                  | 8345.571           | 62.057                 | 0.3476               | 8184.899           | 61.395                 | 0.3601               |
| Passenger Cars        | 11551.75           | 72.0927                | 0.333                | 10923.639          | 70.2268                | 0.3701               |
| Agricultural Vehicles | 282.682            | 11.586                 | -0.0032              | 267.008            | 11.477                 | 0.0524               |

Πίνακας 4: Random Forest Parameter Tuning Results

ενώ χρησιμοποιείται στρώμα dropout για την τυχαία απενεργοποίηση ορισμένων νευρώνων, προλαμβάνοντας το overfitting.

Τα δεδομένα περνούν από τα στρώματα με ενεργοποίηση ReLU και dropout. Το μοντέλο εκπαιδεύεται σε πολλούς κύκλους (epochs) σε παρτίδες (batch\_size), όπου εκτελεί προώθηση (forward pass), υπολογίζει την Loss, και πραγματοποιεί οπισθοδρόμηση (backward pass) για την ενημέρωση των βαρών του μοντέλου. Μετά από κάθε κύκλο εκπαίδευσης, υπολογίζονται μετρήσεις απόδοσης όπως η Μέση Απόλυτη Απόκλιση (MAE) και το R-squared (R<sup>2</sup>).

| Vehicle Type          | Mean Squared Error | Average Absolute Error | R <sup>2</sup> Score |
|-----------------------|--------------------|------------------------|----------------------|
| Motorbikes            | 3594.674           | 36.799                 | 0.3192               |
| Vans                  | 9117.373           | 64.3317                | 0.2872               |
| Passenger Cars        | 11586.471          | 72.751                 | 0.331                |
| Agricultural Vehicles | 1375.816           | 29.626                 | -3.8825              |

Πίνακας 5: Neural Network Performance Metrics

## 6 Οπτικοποίηση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

### 6.1 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

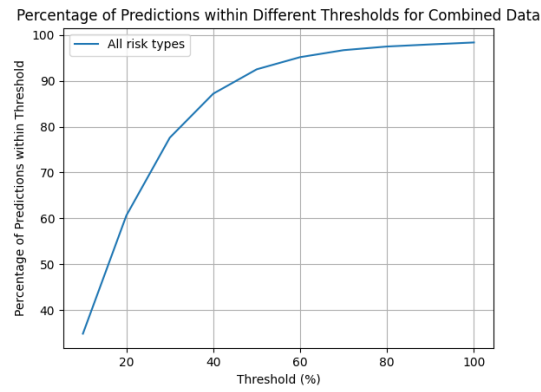
Ως μέτρα για την αξιολόγηση των μοντέλων χρησιμοποιήσαμε το mean squared error, το absolute error και το ποσοστό των προβλέψεων που η τιμή τους ήταν εντός ενός ποσοστού της πραγματικής τιμής. Τα αποτελέσματα για κάθε μοντέλο όταν έχει εκπαιδευθεί στο σύνολο των δεδομένων φαίνονται στον πίνακα 6 και στα διάγραμμα 3, 4, 5. Από αυτήν την αξιολόγηση φαίνεται ότι το πιο ακριβές μοντέλο είναι το XGBoost.

Επίσης παρατηρήσαμε ότι υπάρχουν στα δεδομένα μας 4 διαφορετικές κατηγορίες οχημάτων και για τα μοντέλα του Random Forest και XGBoost που έχουν εκπαιδευθεί στο σύνολο των δεδομένων κάναμε ξεχωριστή αξιολόγηση ανα κατηγορία (πίνακες 7, 8 και διαγράμματα 8, 9). Ακόμη κάναμε ανάλυση για την σημασία των μεταβλητών σε αυτά τα μοντέλα (Πίνακες 6, 7).

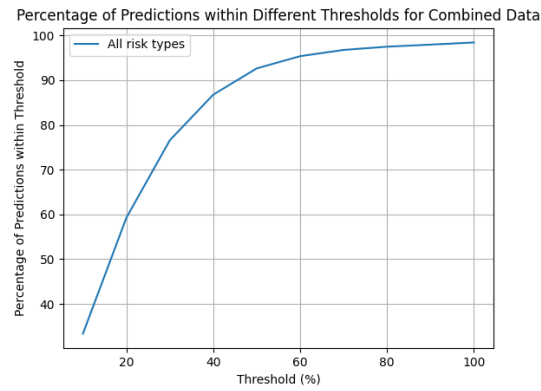
Παρατηρήσαμε ότι το Type risk παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για το XGBoost και σημαντικό ρόλο στο Random Forest καθώς και ότι υπήρχε πολύ χαμηλή ακρίβεια στις

|                | Mean squared error | Absolute error | Percentage within 10% |
|----------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| XGBoost        | 10370.87           | 66.19          | 34.87                 |
| Random Forest  | 10852.02           | 67.38          | 33.36                 |
| Neural network | 11689.55           | 70.16          | 20.00                 |

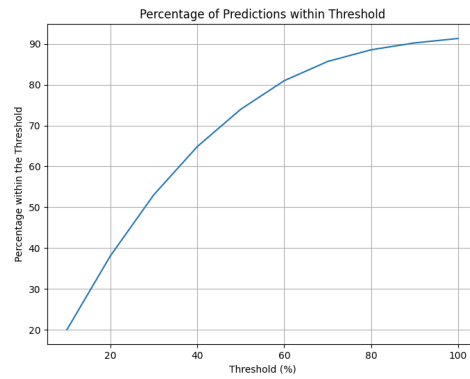
Πίνακας 6: Αξιολόγηση των μοντέλων



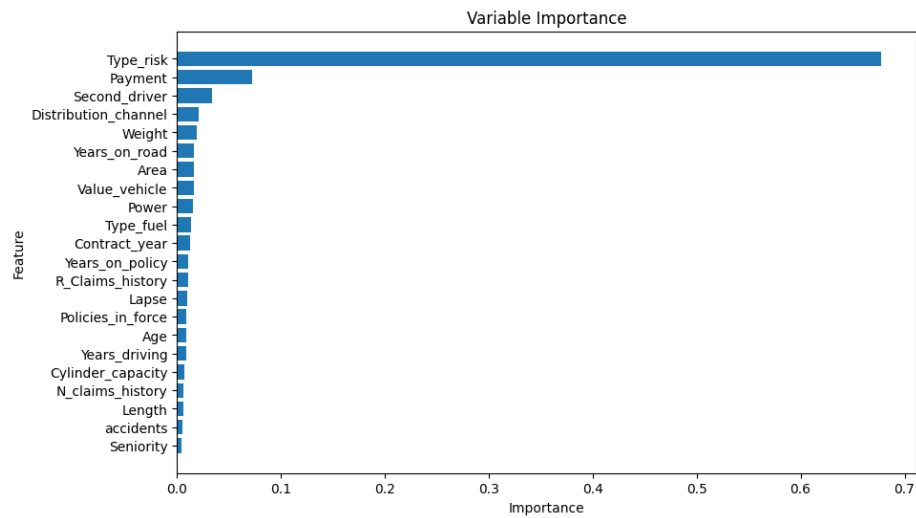
Εικ. 3: Μοντέλο XGBoost που εκπαιδεύτηκε στο σύνολο των δεδομένων



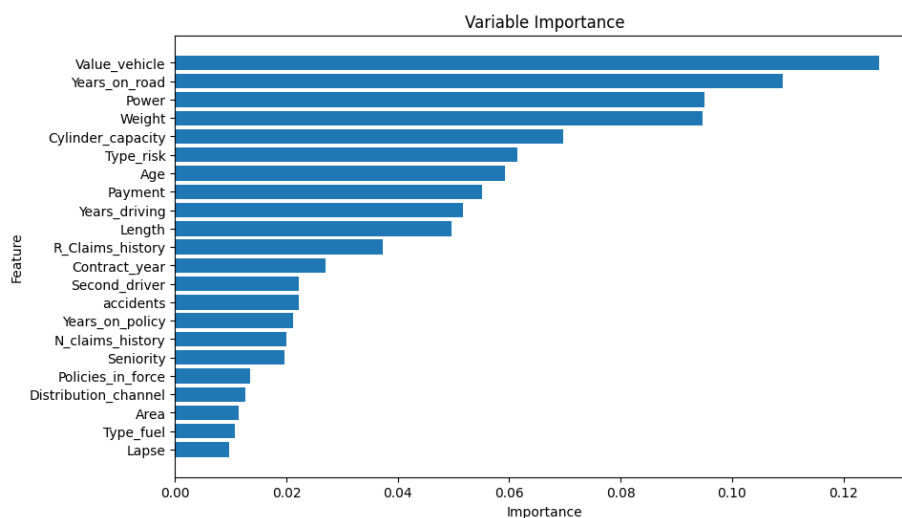
Εικ. 4: Μοντέλο Random Forest που εκπαιδεύτηκε στο σύνολο των δεδομένων



Εικ. 5: Μοντέλο Νευρωνικού δικτύου που εκπαιδεύτηκε στο σύνολο των δεδομένων



Εικ. 6: Μοντέλο XGBoost που εκπαιδεύτηκε σε όλα τα δεδομένα



Εικ. 7: Μοντέλο Random Forest που εκπαιδεύτηκε σε όλα τα δεδομένα

μικρότερες κατηγορίες οπότε αποφασίσαμε να δοκιμάσουμε να εκπαιδεύσουμε διαφορετικό μοντέλο για κάθε κατηγορία. Αυτό βελτίωσε αρκετά την ακρίβεια του XGBoost [πίνακας 9, διάγραμμα 8], λίγο την ακρίβεια του random forest [πίνακας 10, διάγραμμα 9] ενώ η ακρίβεια του νευρωνικού μειώθηκε [πίνακας 11, διάγραμμα 12].

Πραγματοποιήσαμε και μελέτη της σημαντικότητας των features στο XGBoost [διάγραμμα 13] και το Random Forest [διαγράμμα 14]

|                 | Mean squared error | Absolute error | Percentage within 10% |
|-----------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| Μοτοσυκλέτα     | 2358.08            | 30.92          | 35.25                 |
| Βανάκι          | 8266.77            | 61.80          | 37.50                 |
| Επιβατικό όχημα | 11574.03           | 70.76          | 34.50                 |
| Αγροτικό όχημα  | 2348.79            | 27.96          | 26.92                 |

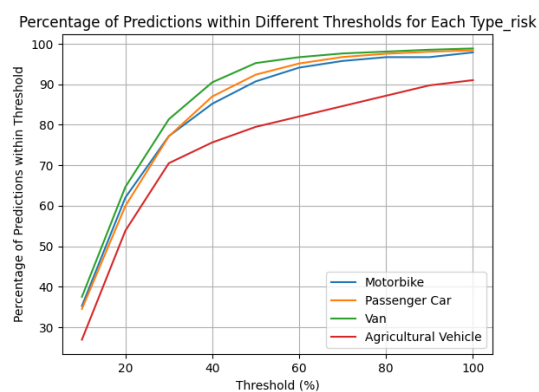
Πίνακας 7: Αξιολόγηση XGBoost ανα κατηγορία

Απο την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι το καλύτερο μας μοντέλο είναι το XGBoost όταν εκπαιδευθεί ξεχωριστά για κάθε κατηγορία οχήματος. Η ακρίβεια του είναι 34.68 % των προβλέψεων είναι εντός 10 % της πραγματικής τιμής. [διαγράμμα 15]

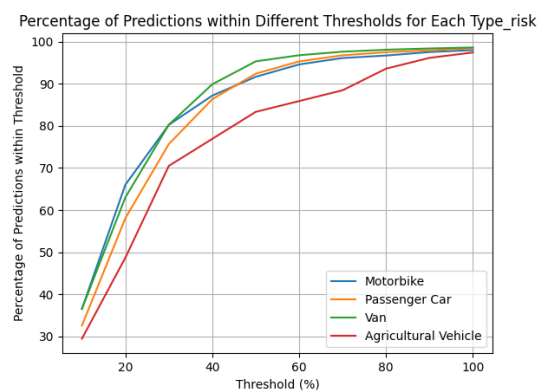
## 6.2 Σχολιασμός των αποτελεσμάτων

|                 | Mean squared error | Absolute error | Percentage within 10% |
|-----------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| Μοτοσυκλέτα     | 2229.48            | 29.05          | 36.54                 |
| Βανάκι          | 8586.59            | 62.96          | 36.57                 |
| Επιβατικό όχημα | 12159.72           | 72.34          | 32.58                 |
| Αγροτικό όχημα  | 829.67             | 20.90          | 29.48                 |

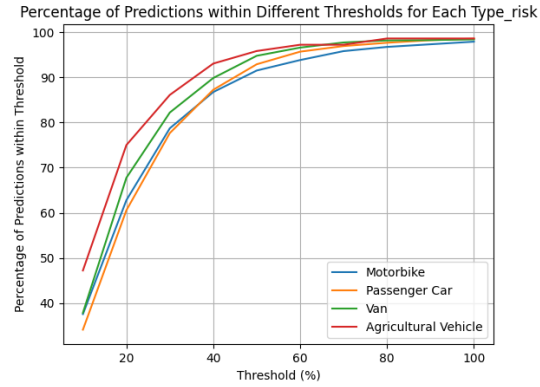
Πίνακας 8: Αξιολόγηση Random Forest ανα κατηγορία



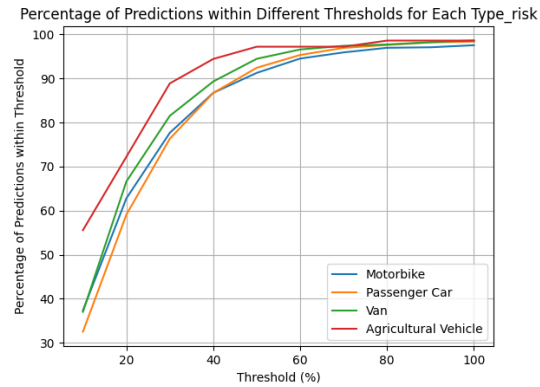
Εικ. 8: Μοντέλο XGBoost που εκπαιδεύτηκε στο σύνολο των δεδομένων ξεχωριστή αξιολόγηση



Εικ. 9: Μοντέλο Random Forest που εκπαιδεύτηκε στο σύνολο των δεδομένων ξεχωριστή αξιολόγηση



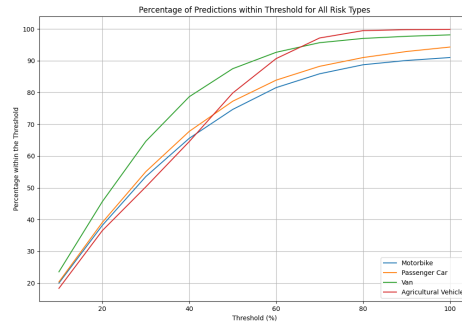
Εικ. 10: Μοντέλο XGBoost που εκπαιδεύτηκε ξεχωριστά για κάθε κατηγορία



Εικ. 11: Μοντέλο Random Forest που εκπαιδεύτηκε ξεχωριστά για κάθε κατηγορία

|                 | Mean squared error | Absolute error | Percentage within 10% |
|-----------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| Μοτοσυκλέτα     | 2228.74            | 29.77          | 38.13                 |
| Βανάκι          | 7846.43            | 60.34          | 38.07                 |
| Επιβατικό όχημα | 10693.59           | 69.07          | 33.66                 |
| Αγροτικό όχημα  | 311.89             | 12.15          | 51.38                 |

Πίνακας 9: Αξιολόγηση XGBoost ανα κατηγορία



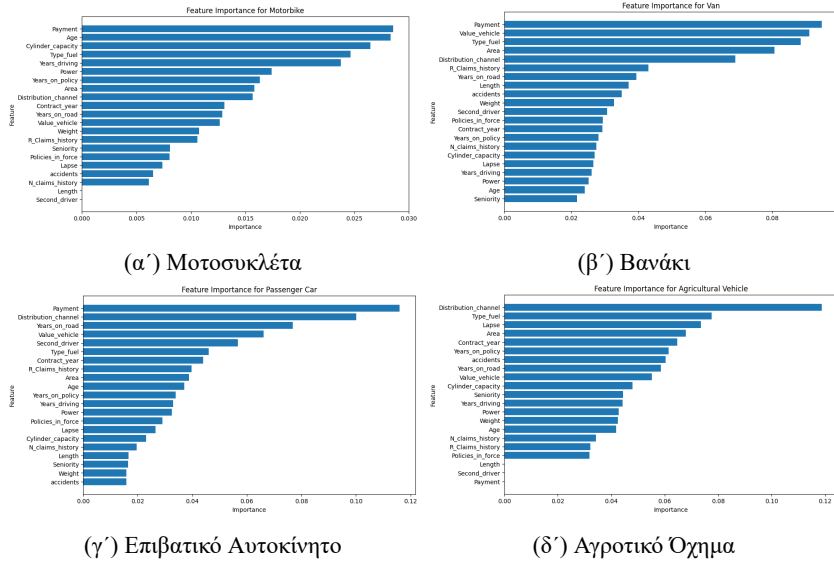
Εικ. 12: Μοντέλο Νευρωνικού δικτύου που εκπαιδεύτηκε ξεχωριστά για κάθε κατηγορία

|                 | Mean squared error | Absolute error | Percentage within 10% |
|-----------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| Μοτοσυκλέτα     | 2265.09            | 29.42          | 37.32                 |
| Βανάκι          | 8184.89            | 61.39          | 37.01                 |
| Επιβατικό όχημα | 10923.63           | 70.22          | 32.51                 |
| Αγροτικό όχημα  | 267.00             | 11.47          | 55.55                 |

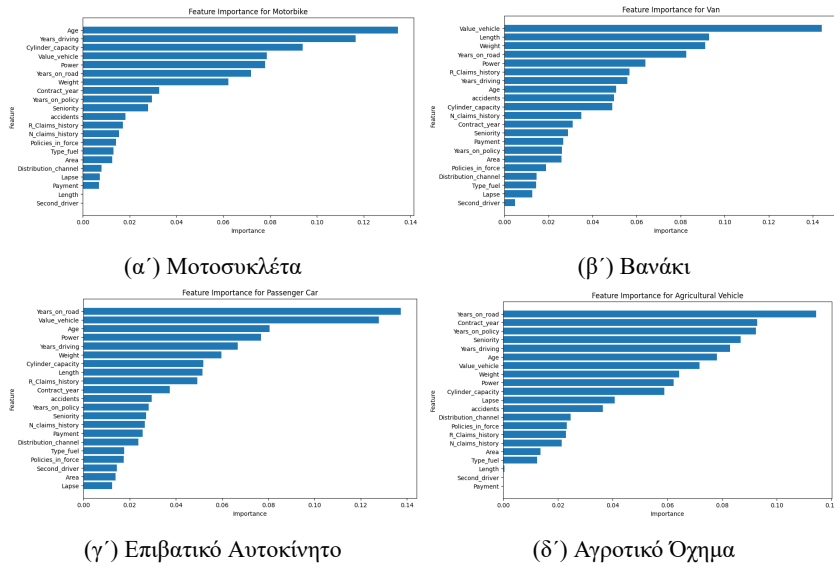
Πίνακας 10: Αξιολόγηση Random Forest ανα κατηγορία

|                 | Mean squared error | Absolute error | Percentage within 10% |
|-----------------|--------------------|----------------|-----------------------|
| Μοτοσυκλέτα     | 3391.05            | 36.22          | 20.46                 |
| Βανάκι          | 8966.14            | 62.96          | 23.95                 |
| Επιβατικό όχημα | 11465.31           | 71.66          | 22.41                 |
| Αγροτικό όχημα  | 1325.41            | 29.64          | 12.73                 |

Πίνακας 11: Αξιολόγηση Νευρωνικού δικτύου ανα κατηγορία

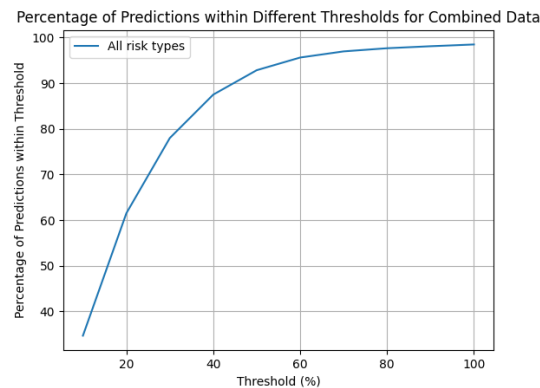


Εικ. 13: Μοντέλο XGBoost που εκπαιδεύτηκε ξεχωριστά ανα κατηγορία



Εικ. 14: Μοντέλο Random Forest που εκπαιδεύτηκε ξεχωριστά ανα κατηγορία





Εικ. 15: Μοντέλο Νευρωνικού δικτύου που εκπαιδεύτηκε ξεχωριστά για κάθε κατηγορία συγκεντρωμένα αποτελέσματα

Παρατηρούμε ότι ακόμα και το καλύτερο μοντέλο μας δεν πετυχαίνει την απολύτη ακρίβεια αν και όπως φαίνεται στο διάγραμμα σχεδόν το 90 % των προβλέψεων είναι εντός του 40 % της πραγματικής τιμής ενώ λιγότερες από 3 % των προβλέψεων έχουν ξεφύγει πάνω από 80 % της πραγματικής τιμής. Αυτή η αποκλίση μπορεί να οφείλεται σε έλλειψη πληροφορίας από το δεδομένα μας αφού ενδέχεται η ασφαλιστική εταιρεία να μην δημοσίευσε όλες της παραμέτρους που χρησιμοποιεί για να χρεώσει τους πελάτες της (π.χ αν έκανε επιπλέον εκπτώσεις για να κερδίσει μερίδιο στην αγορά)

Σχετικά με την σημαντικότητα των χαρακτηριστικών είναι λογικό που προκύπτει ότι ο τρόπος πληρωμής είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό στις 3 από τις 4 κατηγορίες αφού η εξόφληση του πόσου για όλο τον χρόνο παρέχει μεγαλύτερη σταθερότητα στα έσοδα της ασφαλιστικής οπότε η τιμή είναι καλύτερη. (διάγραμμα που δεν έχω βάλει ακόμα) Παρατηρούμε επίσης ότι μεγάλη σημασία έχει και ο τρόπος που αγοράστηκε η ασφάλεια αφού όσοι αγόρασαν την ασφάλεια κατευθείαν από την εταιρεία έχουν καλύτερη τιμή από όσους την αγόρασαν από τρίτους. (διάγραμμα που δεν έχω βάλει ακόμα) Σημαντική είναι και η συνολική αξία του οχήματος αφού όσο πιο ακριβό είναι τόσο πιο πολύ κοστίζει η επισκευή. Παρατηρούμε ότι αυτό είναι σημαντικότερος παράγοντας απόφασης στις κατηγορίες με μεγαλύτερο εύρος αξιών. Για τις μοτοσυκλέτες είναι λογικό τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά να είναι ο κύβισμος τους και η ηλικία του οδηγού τους αφού οι νέοι οδηγοί και η μηχανές με υψηλό κυβισμό προκαλούν πιο πολλά ατυχήματα. Για τα επιβατικά αυτοκίνητα η ηλικία του αυτοκινήτου είναι σημαντική γιατί τα παλαιότερα αυτοκίνητα είναι πιο πιθανό να έχουν βλάβες. Αξιοσημείωτο είναι και ότι το ιστορικό ατυχημάτων και το πόσα χρόνια έχει κάποιος την ίδια ασφαλιστική πολιτική δεν επηρεάζουν πολύ την τελική τιμή σε σχέση με άλλες παραμέτρους.

## 7 User Interface και Οδηγίες Χρήσης

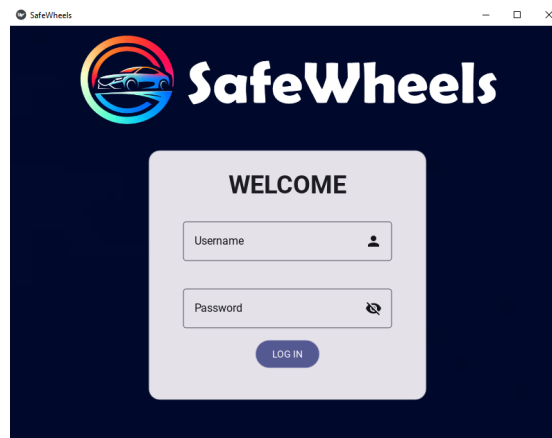
Το user interface της εφαρμογής αναπτύχθηκε με χρήση της Python και ειδικότερα του framework Kivy, καθώς και της συλλογής από γραφικά στοιχεία KivyMD. Στην εφαρμογή μας υπάρχουν πέντε διαφορετικές "οθόνες":

1. Η οθόνη του login
2. Η οθόνη συμπλήρωσης στοιχείων του πελάτη που πρόκειται να ασφαλίσει το όχημά του.
3. Η οθόνη συμπλήρωσης στοιχείων του οχήματος που πρόκειται να ασφαλιστεί.
4. Η οθόνη συμπλήρωσης στοιχείων παλαιότερων συμβολαίων που είχε ο πελάτης στην εταιρεία.
5. Η οθόνη παρουσίασης της προτεινόμενης ετήσιας τιμής χρέωσης του πελάτη με βάση τα στοιχεία που συμπληρώθηκαν.

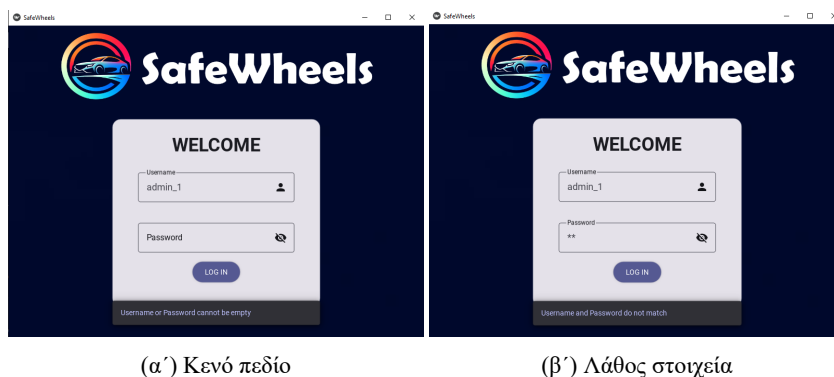
### 7.1 Login

Η οθόνη του login είναι η αρχική οθόνη της εφαρμογής [Εικ. 16] στην οποία ο χρήστης - υπάλληλος της εταιρείας θα πρέπει να συμπληρώσει τα σωστά στοιχεία σύνδεσής του (username και password) και στην συνέχεια να πατήσει το κουμπί "LOG IN". Σε περίπτωση που ένα από τα δύο πεδία μείνει κενό, ο χρήστης θα λάβει το αντίστοιχο μήνυμα λάθους [Εικ. 17α']. Σε περίπτωση που τα στοιχεία σύνδεσης δεν είναι σωστά, ο χρήστης θα λάβει διαφορετικό μήνυμα λάθους [Εικ. 17β'].

Έχει προβλεφθεί και δημιουργηθεί μόνο ένας λογαριασμός υπαλλήλου. Έτσι, για να πάμε στην επόμενη οθόνη θα πρέπει να συμπληρώσουμε στο πεδίο username: **admin\_1** και στο πεδίο password: **12345**. Αφού συμπληρώσουμε αυτά τα στοιχεία σωστά και πατήσουμε το κουμπί "LOG IN" μεταφερόμαστε στην δεύτερη οθόνη [Εικ. 18].



Εικ. 16: Οθόνη login



Εικ. 17: Μηνύματα λάθους στο login

## 7.2 Στοιχεία πελάτη

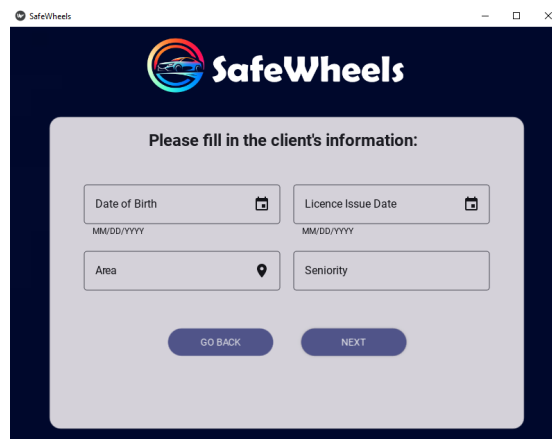
Στην οθόνη συμπλήρωσης στοιχείων του πελάτη [Εικ. 18], ο χρήστης-υπάλληλος της εταιρείας θα πρέπει να συμπληρώσει τα στοιχεία του ανθρώπου που ενδιαφέρεται να ασφαλίσει το όχημά του. Ειδικότερα, υπάρχουν δύο πεδία επιλογής ημερομηνίας ("Date of Birth", "License Issue Date"), τα οποία όταν επιλεγθούν εμφανίζεται ένα ημερολόγιο [Εικ. 19α'] προκειμένου να επιλεγθεί η κατάλληλη ημερομηνία. Πατώντας το πεδίο "Area" ο χρήστης βλέπει ένα μενού δύο επιλογών [Εικ. 19β'] από τις οποίες θα πρέπει να επιλέξει μία. Στο πεδίο "Seniority" ο χρήστης θα πρέπει να πληκτρολογήσει έναν αριθμό που προσδιορίζει τα χρόνια που ο συγκεκριμένος πελάτης είναι ασφαλισμένος στην εταιρεία.

Αφού συμπληρωθούν όλα τα πεδία ο χρήστης θα πρέπει να πατήσει το κουμπί "NEXT" για να μεταφερθεί στην επόμενη οθόνη [Εικ. 20]. Σε περίπτωση που επιθυμεί να πάει στην οθόνη του login [Εικ. 16] θα πρέπει να πατήσει το κουμπί "GO BACK".

## 7.3 Στοιχεία οχήματος

Σε αυτήν την οθόνη [Εικ. 20], ο χρήστης-υπάλληλος της εταιρείας θα πρέπει να συμπληρώσει τα στοιχεία του οχήματος το οποίο επιθυμεί να ασφαλίσει ο πελάτης. Ειδικότερα, για τα πεδία "Type of vehicle", "Type of fuel", "Second driver" ο χρήστης θα πρέπει να πατήσει καθένα από αυτά τα πεδία και να επιλέξει μία από τις επιλογές που εμφανίζονται στο κάθε μενού επιλογών (ενδεικτικά [Εικ. 21α']). Στα υπόλοιπα πεδία ο χρήστης θα πρέπει να πληκτρολογήσει έναν αριθμό σύμφωνα με τις υποδείξεις του κάθε πεδίου (ενδεικτικά [Εικ. 21β']).

Για να μεταβεί στην επόμενη οθόνη [Εικ. 22] θα πρέπει να πατήσει το κουμπί "NEXT" ενώ για να πάει στην προηγούμενη οθόνη [Εικ. 18] συμπλήρωσης των στοιχείων του πελάτη θα πρέπει να πατήσει το κουμπί "GO BACK".



SafeWheels

Please fill in the client's information:

Date of Birth  MM/DD/YYYY

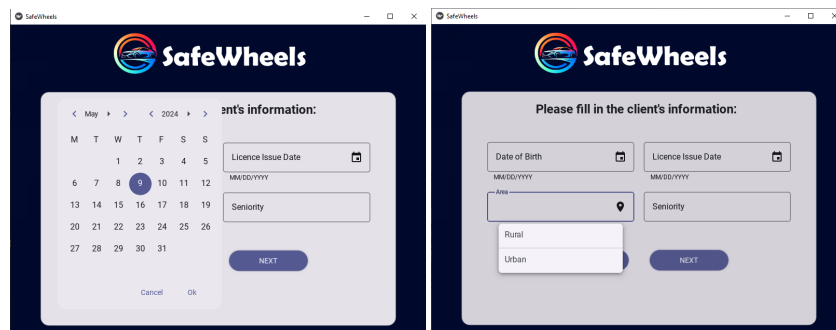
Licence Issue Date  MM/DD/YYYY

Area

Seniority

GO BACK NEXT

Εικ. 18: Οθόνη συμπλήρωσης στοιχείων πελάτη



SafeWheels

Please fill in the client's information:

May 2024

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

Licence Issue Date  MM/DD/YYYY

Seniority

NEXT

Cancel Ok

SafeWheels

Please fill in the client's information:

Date of Birth  MM/DD/YYYY

Licence Issue Date  MM/DD/YYYY

Area

Rural Urban

Seniority

NEXT

(α') Ημερολόγιο

(β') Μενού επιλογών

Εικ. 19: Παραδείγματα εισόδου

Εικ. 20: Οθόνη συμπλήρωσης στοιχείων οχήματος προς ασφάλιση

(α') Παράδειγμα μενού επιλογών

(β') Παράδειγμα συμπλήρωσης πεδίου

Εικ. 21: Παραδείγματα εισόδου

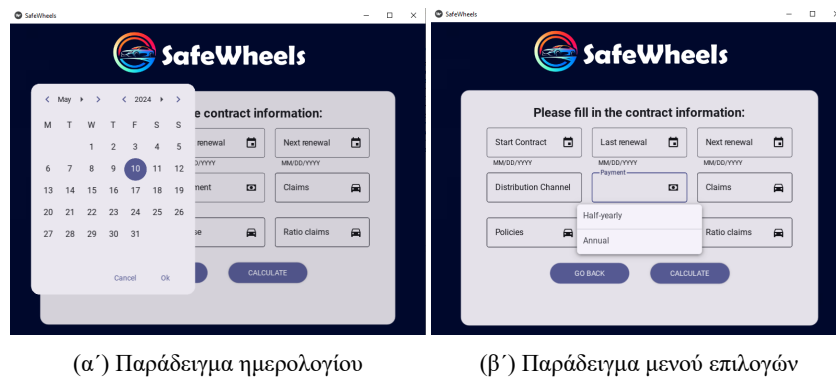
#### 7.4 Στοιχεία συμβολαίου

Στην οθόνη συμπλήρωσης στοιχείων συμβολαίου [Εικ. 22] ο χρήστης-υπάλληλος της εταιρείας θα πρέπει να συμπληρώσει στοιχεία που αφορούν παλαιότερα συμβόλαια που είχε ο πελάτης στην εταιρεία. Υπάρχουν τρία πεδία επιλογής ημερομηνίας ("Start Contract", "Last renewal", "Next renewal"), τα οποία όταν επιλεγθούν εμφανίζεται ημερολόγιο (ενδεικτικά [Εικ. 23α']). Τα πεδία "Distribution Channel" και "Payment" είναι πεδία που κατά την επιλογή τους εμφανίζεται μενού επιλογών (ενδεικτικά [Εικ. 23β']), ενώ τα υπόλοιπα πρέπει να συμπληρωθούν με πληκτρολόγηση σύμφωνα με τις υποδείξεις των πεδίων.

Για την μετάβαση στην προηγούμενη οθόνη [Εικ. 20] ο χρήστης θα πρέπει να πατήσει το κουμπί "GO BACK". Διαφορετικά, βρισκόμαστε στο σημείο που έχουν συμπληρωθεί όλα τα στοιχεία και ο χρήστης θα πρέπει να πατήσει το κουμπί "CALCULATE" προκειμένου να μεταβεί στην τελευταία οθόνη [Εικ. 24].

The screenshot shows a web browser window with the 'SafeWheels' logo. Below the logo is a form titled 'Please fill in the contract information:'. The form contains nine input fields arranged in a grid. The first three fields are for dates: 'Start Contract', 'Last renewal', and 'Next renewal', each with a calendar icon. The next three fields are 'Distribution Channel', 'Payment' (with a credit card icon), and 'Claims' (with a car icon). The final three fields are 'Policies' (with a car icon), 'Lapse' (with a car icon), and 'Ratio claims' (with a car icon). At the bottom of the form are two buttons: 'GO BACK' and 'CALCULATE'.

Εικ. 22: Οθόνη συμπλήρωσης στοιχείων οχήματος προς ασφάλιση



(α') Παράδειγμα ημερολογίου

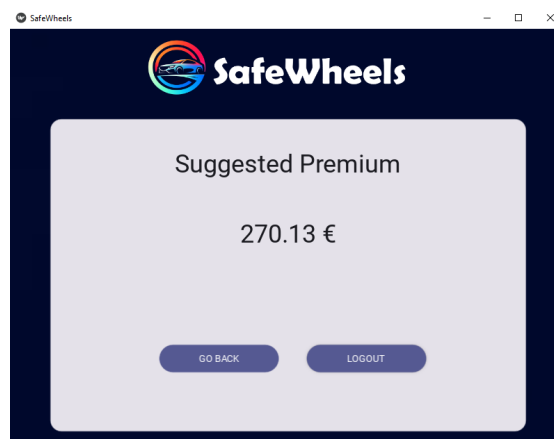
(β') Παράδειγμα μενού επιλογών

Εικ. 23: Παραδείγματα εισόδου

### 7.5 Οθόνη προτινόμενης χρέωσης

Σε αυτήν την οθόνη [Εικ. 24], ο χρήστης-υπάλληλος της εταιρείας βλέπει την προτεινόμενη τιμή ασφάλισης του οχήματος που πρόκειται να ασφαλίσει ο πελάτης. Πατώντας το κουμπί "GO BACK" μπορεί να μεταβεί στην προηγούμενη οθόνη [Εικ. 22], ενώ πατώντας το κουμπί "LOGOUT" μεταβαίνει στην αρχική οθόνη της εφαρμογής [Εικ. 16].

Αξίζει να σημειωθεί πως ο χρήστης μπορεί να πηγαίνει προς τα πίσω και να αλλάζει στοιχεία ανά πάσα στιγμή. Κάθε φορά που πατά το κουμπί "CALCULATE" της προτελευταίας οθόνης [Εικ. 22], όλα τα ανανεωμένα στοιχεία δίνονται στο μοντέλο προκειμένου να βγει η προτεινόμενη τιμή χρέωσης.



Εικ. 24: Οθόνη παρουσίασης προτεινόμενης τιμής χρέωσης

## 7.6 Γενικές παρατηρήσεις για το ui

//κενά πεδία

## 8 Οδηγίες εγκατάστασης

### 8.1 Εγκατάσταση της python και δημιουργία virtual environment

Για να μπορέσει να λειτουργήσει η εφαρμογή χρειάζεται αρχικά εγκατάσταση της Python 3.12.2 και μετά την δημιουργία ενός virtual environment ώστε να εγκατασταθούν εκεί οι βιβλιοθήκες της python και να μην υπάρχουν συγκρούσεις που προκύπτουν από διαφορά εκδόσεων. Για την δημιουργία του virtual environment δημιουργούμε ένα φάκελο μέσα στον οποίο θα εγκατασταθεί το περιβάλλον και ότι άλλο χρειαστούμε για την εφαρμογή (π.χ. ονομάζεται app) και ανοίγουμε ένα τερματικό στα Windows και πλοηγούμαστε εκεί. Με την εντολή

```
python3 -m venv virt
```

δημιουργούμε το περιβάλλον και με την εντολή

```
virt\Scripts\activate
```

το ενεργοποιούμε. Με αυτή την εντολή αναβαθμίζουμε και το pip

```
python.exe -m pip install --upgrade pip
```

### 8.2 Εγκατάσταση των βιβλιοθηκών απαραίτητων για την εφαρμογή

Η εφαρμογή μας για το γραφικό περιβάλλον χρησιμοποιεί kivy το οποίο εγκαθιστούμε με τις εντολές:

```
git clone https://github.com/kivymd/KivyMD.git --depth 1
cd KivyMD
pip install .
```

Για να εγκατασταθούν οι υπόλοιπες απαραίτητες βιβλιοθήκες οι εντολές είναι:

```
pip install numpy==1.26.4
pip install pandas==2.2.2
pip install joblib==1.4.2
pip install xgboost==2.0.3
```

Για να τρέξει η εφαρμογή πλοηγούμαστε στον φάκελο με τα αρχεία ui και xgboostModels χρησιμοποιούμε την εντολή:

```
python ui\front.py
```

και ακολουθούμε τις οδηγίες χρήσης στην επόμενη ενότητα.



### **8.3 Εγκατάσταση των βιβλιοθηκών απαραίτητων για τα python scripts και τα γραφήματα**

Σε περίπτωση που θέλετε να τρέξετε εκτός απο την εφαρμογή και τα scripts με τα μοντέλα μας πρέπει να τρέξετε τις εντολές:

```
pip install torch==2.3.0 pip install scikit-learn==1.4.2 pip install matplotlib==3.8.4
```