

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΦΟΡΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Δ.Μπακάλμπασης¹, Κ.Στεφανόπουλος¹, Π.Τσορώνης¹, Ι.Παλαμάς²

¹ Μηχανικός Πληροφορικής ² Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

Computer Control Systems – CCS

Αθήνα, Ελλάδα

info@ccs.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ευρεία χρήση των φορητών συσκευών, του διαδικτύου και των τεχνολογιών cloud αλλά και η εξέλιξη της επεξεργαστικής ισχύος και του ηλεκτρονικού αποθηκευτικού χώρου, επέτρεψε την ανάπτυξη εφαρμογών για mobile συσκευές στον τομέα της ανάλυσης και σχεδιασμού κατασκευών. Ο μηχανικός πληροφορικής στην σχεδίαση και κατασκευή τέτοιου τύπου εφαρμογών δεν έχει προφανείς λύσεις. Η ταχύτητα και η διαθέσιμη χωρητικότητα σε μνήμη και αποθηκευτικό χώρο των κινητών συσκευών που καλούνται σήμερα να εκτελέσουν πολύπλοκες αναλύσεις και υπολογισμούς, είναι ζητούμενα που πρέπει να εξεταστούν καθώς παρά την τεχνολογική εξέλιξη δεν θεωρούνται πια δεδομένα όπως στα desktop μηχανήματα. Απαντώντας στην πρόκληση ανάπτυξης μιας τέτοιας εφαρμογής που αφορά στην ανάλυση, στον σχεδιασμό σύμφωνα με τον EC3 και στην ελαχιστοποίηση του βάρους των μεταλλικών δικτυωμάτων με διατομές της ArcelorMittal, αναπτύχθηκε ειδικό λογισμικό από την CCS ΑΕ με την απαίτηση να εκτελεί τις παραπάνω εργασίες γρήγορα και αποτελεσματικά σε οποιαδήποτε κινητή συσκευή, ανεξάρτητη πλατφόρμας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα προβλήματα και οι ιδιαιτερότητες που παρουσιάστηκαν στην διάρκεια του έργου, οι λύσεις που επιλέχθηκαν καθώς και η μελλοντική εξέλιξη των λογισμικών για κινητές συσκευές που αφορούν στην μελέτη κατασκευών στον χώρο του πολιτικού μηχανικού.

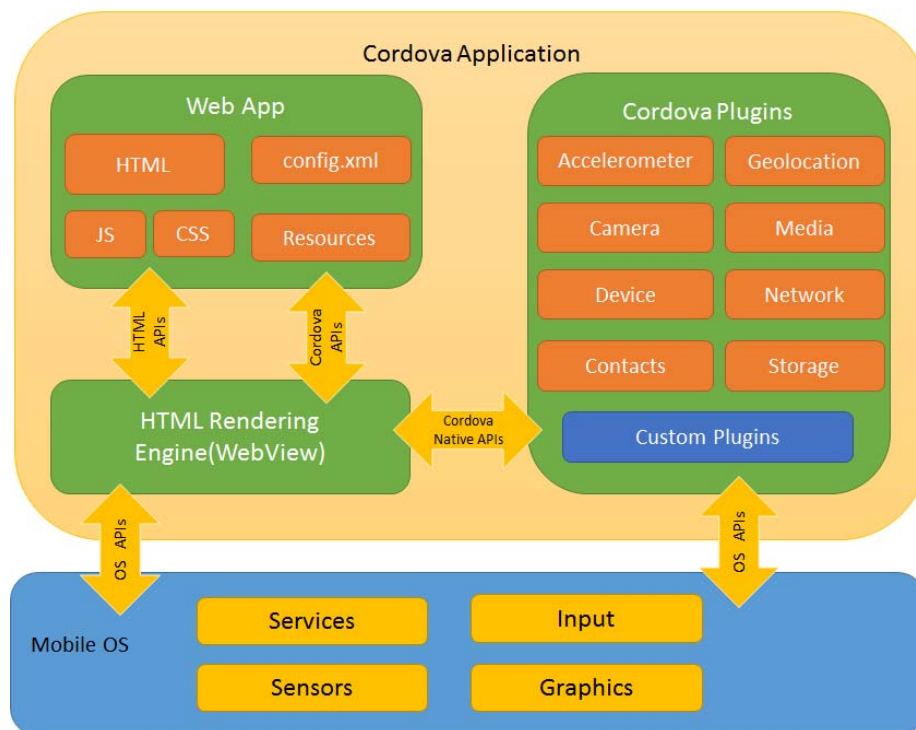
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατόπιν συμφωνίας με την ArcelorMittal, αναπτύχθηκε ειδική εφαρμογή που αφορά στην ανάλυση, στον σχεδιασμό σύμφωνα με τον EC3 και στην ελαχιστοποίηση του βάρους των μεταλλικών δικτυωμάτων με διατομές της ArcelorMittal. Το λογισμικό λειτουργεί σε φορητές συσκευές (mobile phones, tablets). Η ανεξάρτητη πλατφόρμας/συσκευής (cross platform/cross device) εφαρμογή εκτός της οπτικοποίησης των αποτελεσμάτων σχεδιασμού παράγει και πλήρες τεύχος προμελέτης, διαθέσιμο σε μορφή PDF για κάθε ενδιαφερόμενο. Ο μηχανικός πληροφορικής για τη σχεδίαση και κατασκευή τέτοιου τύπου εφαρμογών, οφείλει να βρει λύσεις σε πολύπλοκα προβλήματα, όπως η ταχύτητα και η διαθέσιμη χωρητικότητα σε μνήμη και αποθηκευτικό χώρο των κινητών συσκευών που

καλούνται σήμερα να εκτελέσουν πολύπλοκες αναλύσεις και υπολογισμούς. Επίσης, η εισαγωγή δεδομένων και η παρουσίαση πολύπλοκων γραφικών με περιορισμένη λειτουργικότητα λόγω μεγέθους οθόνης και μέσων εισαγωγής δεδομένων. Το μέγεθος και η διαχείριση μεγάλης πληροφορίας για την παραγωγή τευχών αποτελεσμάτων σε διάφορες μορφές. Η απρόσκοπτη σύνδεση στο internet που θεωρείται προφανής για τους υπολογιστές γραφείου, αποτελεί ακόμη πρόκληση για τις κινητές συσκευές.

Οι εφαρμογές που αφορούν στην επίλυση απλών προβλημάτων πολιτικού μηχανικού και εγκαθίστανται σε κινητές συσκευές όπως tablets και smartphones είναι ελάχιστες. Επιπλέον πεπερασμένων στοιχείων εξακολουθούν να μην υπάρχουν σε mobile συσκευές αφού ο όγκος των υπολογισμών είναι τεράστιος. Η ανάπτυξη εφαρμογών μηχανικού για smartphones/tablets, θα του προσφέρει τη δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων σε οποιοδήποτε χώρο εκτός γραφείου του, όπως : Το γραφείο του πελάτη όταν απαιτείται η άμεση σύνταξη οικονομικής προσφοράς για την οποία υπάρχει η ανάγκη γρήγορης προδιαστασιολόγησης. Το εργοτάξιο, όπου ο έλεγχος π.χ μια μεταλλικής σύνδεσης θα μπορούσε να εκτελεσθεί χωρίς να απαιτείται η χρήση του υπολογιστή γραφείου.

Η συνήθης αρχιτεκτονική τέτοιων εφαρμογών βασίζεται στην διεθνώς διαδεδομένη πλατφόρμα Cordova [1] που επιτρέπει την ανάπτυξη ενός μόνο κώδικα (single source) για την παραγωγή εφαρμογών ανεξάρτητης πλατφόρμας/συσκευής.



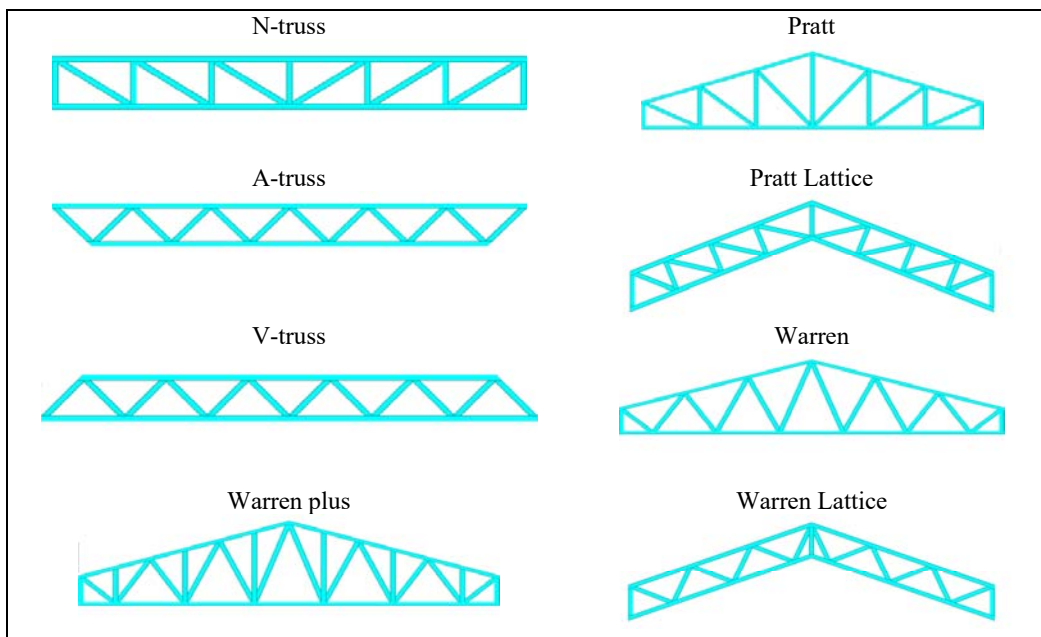
Σχήμα 1: Αρχιτεκτονική εφαρμογής σε Cordova

3. ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ/ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΜΑΤΩΝ

Το λογισμικό TRUSSES+ αναπτύχθηκε για την ανάλυση, διαστασιολόγηση και βελτιστοποίηση ίδιου βάρους μεταλλικών δικτυωμάτων σύμφωνα με τον ευρωκώδικα 3 (Eurocode 3: EN1993-1-1: 2005). Το λογισμικό εκτελείται σε tablets και desktops και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αυτόματο εργαλείο προδιαστασιολόγησης που είναι σε θέση να προτείνει, να βελτιστοποιεί και να ελέγχει ως προς την επάρκεια αντοχής, διατομές από την βιβλιοθήκη διατομών της ArcelorMittal που να ικανοποιούν τα κριτήρια σχεδιασμού του EC3. Το λογισμικό έχει τις ακόλουθες λειτουργίες και δυνατότητες [2] :

- Μοντέλο δικτυώματος 2D, αμφιέριστο, με καθορισμένες από το χρήστη θέσεις πλευρικών δεσμεύσεων για τον έλεγχο του εκτός επιπέδου λυγισμού
- Δεδομένα προφίλ από βάσεις δεδομένων της ArcelorMittal για μεταλλικές διατομές τύπου H, διπλά ισοσκελή και ανισοσκελή γωνιακά
- Φορτία ανέμου/χιονιού, συγκεντρωμένα/κατανεμημένα μόνιμα/επιβαλλόμενα φορτία
- Ανάλυση με επιλυτή πεπερασμένων στοιχείων
- Σχεδιασμός διατομών και ράβδων σύμφωνα με EN 1993-1-1: 2005
- Αυτόματη βελτιστοποίηση δικτυώματος ως προς το συνολικό ίδιο βάρος
- Πολυγλωσσικό περιβάλλον εργασίας και αναφορών
- Πολλαπλά επίπεδα λεπτομέρειας των αποτελεσμάτων και ελέγχων στις αναφορές

Το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει την τοπολογία του μοντέλου δικτυώματος. Μετά την εκτέλεση της διαδικασίας ανάλυσης, οι προκύπτουσες αξονικές δυνάμεις χρησιμοποιούνται για την αυτόματη εκτέλεση του σχεδιασμού μελών και φυσικών ράβδων σύμφωνα με τα αντίστοιχα πρότυπα των ευρωκωδίκων. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα του σχεδιασμού παρουσιάζονται σαν συντελεστές απόδοσης για κάθε μέλος και κάθε φυσική ράβδο. Ο συντελεστής απόδοσης καθορίζεται σαν τον λόγο της αξονικής δρώσας δύναμης προς την αντίστοιχη αντοχή [2]. Στο παρακάτω σχήμα εμφανίζονται οι διαμορφώσεις δικτυωμάτων που καλύπτονται.



Σχήμα 2: Γεωμετρίες δικτυωμάτων

4. ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΜΒΑΔΟΥ/ΙΔΙΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Στη διαδικασία βελτιστοποίησης του ίδιου βάρους μιας μεταλλικής κατασκευής και ειδικά όπου το πλήθος των παραμέτρων βελτιστοποίησης και ο χώρος πιθανών λύσεων είναι μεγάλος, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν συνήθεις ευρετικοί μέθοδοι που συγκλίνουν στη βέλτιστη λύση αρκετά ικανοποιητικά. Ειδικά στις περιπτώσεις όπου οι λύσεις είναι διακριτές, η μέθοδος προσομοιωμένης απόπτωσης (simulated annealing) είναι η ενδεδειγμένη καθώς ενδιαφέρει περισσότερο μια λύση που συγκλίνει ικανοποιητικά στο ολικό μέγιστο (ή ελάχιστο) παρά μια ακριβής λύση που όμως αντιπροσωπεύει συνήθως ένα τοπικό μέγιστο [3].

Στα μεταλλικά δικτύματα με δεδομένη την γεωμετρία αλλά και την οικογένεια των διαθέσιμων διατομών (HD, HEA κλπ) όπου το βέλτιστο βάρος καθορίζεται μόνο από την επιλογή της κατάλληλης μεταλλικής διατομής, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν «άπληστοι» ευρετικοί αλγόριθμοι αφού το πλήθος των διαθέσιμων διατομών είναι περιορισμένο. Αν θεωρήσουμε A το σύνολο των διαθέσιμων διατομών για την πάνω δοκό, B το σύνολο των διαθέσιμων διατομών για τις διαγώνιους και C αντίστοιχα για την κάτω δοκό τότε ο χώρος των πιθανών λύσεων είναι το καρτεσιανό γινόμενο:

$$A \times B \times C = \{ (a,b,c) \mid a \in A \text{ και } b \in B \text{ και } c \in C \}$$

Στη βιβλιοθήκη διατομών της ArcelorMittal και στην οικογένεια με τις περισσότερες διαθέσιμες επιλογές (W) αυτό το γινόμενο είναι της τάξης των 8.000.000 λύσεων [4]. Το πρόβλημα γίνεται αρκετά πιο πολύπλοκο όταν επιβάλλεται και γεωμετρική κατασκευαστική συμβατότητα. Σε περιπτώσεις όπου ένας ή και οι δύο δοκοί είναι τοποθετημένοι κατά τον ασθενή άξονα στην διαμήκη κατεύθυνση, συγκεκριμένοι γεωμετρικοί περιορισμοί επιβάλλονται στις διατομές των διαγωνίων προκειμένου να είναι δυνατή η συγκόλληση των δοκών με τις διαγώνιους. Έτσι είναι απαραίτητο να προετοιμαστεί ένα υποσύνολο γεωμετρικά αποδεκτών λύσεων και να ανιχνευθεί σε αυτό η λύση που ικανοποιεί τα κριτήρια αντοχής που επιβάλλονται από τον EC3. Για τους παραπάνω λόγους, ο αλγόριθμος βελτιστοποίησης υλοποιείται σε δύο στάδια :

Αρχική βελτιστοποίηση

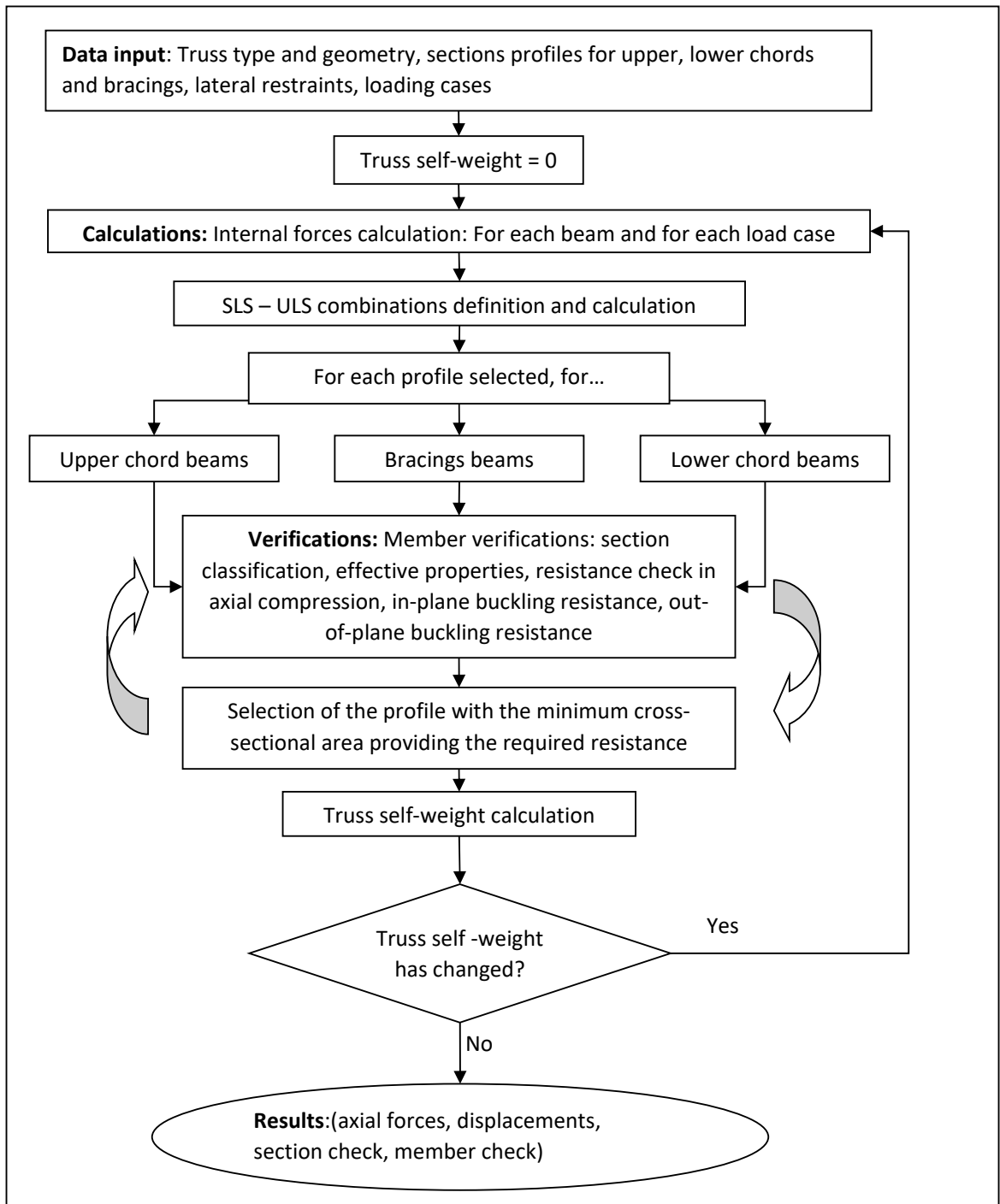
Ο αρχικός αλγόριθμος βελτιστοποίησης εκτελεί σειριακά ελέγχους αντοχής μελών σύμφωνα με τον EC3 [5] ξεχωριστά για κάθε τμήμα του δικτύματος προσπαθώντας να συγκλίνει σε μια βέλτιστη λύση ως προς το εμβαδόν και άρα του ίδιου βάρους της κατασκευής αγνοώντας οποιουσδήποτε γεωμετρικούς περιορισμούς. Το σύνολο των λύσεων είναι ήδη ταξινομημένο ως προς το εμβαδόν με αύξουσα σειρά.

Βελτιστοποίηση με γεωμετρική και κατασκευαστική συμβατότητα

Αφού εκτελεσθεί η αρχική βελτιστοποίηση και επιλεγθεί η βέλτιστη λύση ως προς το εμβαδόν/ίδιο βάρος ελέγχεται πλέον η γεωμετρική συμβατότητά της. Αν ικανοποιείται η γεωμετρική συμβατότητα¹ τότε ο αλγόριθμος τερματίζει επιτυχώς. Αν όχι, τότε δημιουργείται ένας γεωμετρικά αποδεκτός -σύμφωνα με τα κριτήρια συμβατότητας-

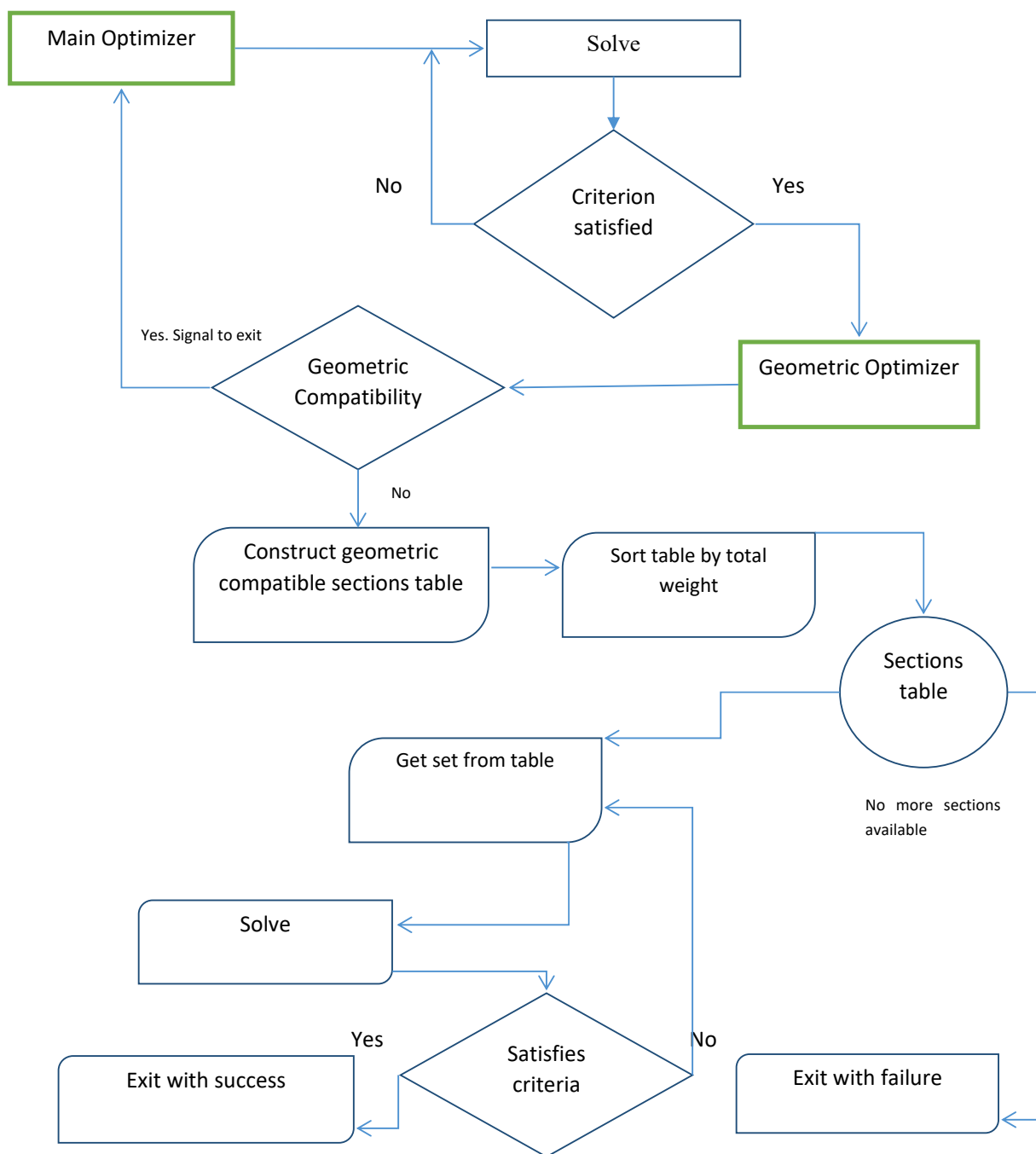
¹ Έλεγχος ύψους κορμού διατομών ή συνολικού ύψους διατομών προκειμένου να είναι δυνατή η συγκόλληση

πίνακας τριάδων², υποσύνολο του συνόλου λύσεων. Αυτός ο πίνακας ταξινομείται εκ νέου με βάση το συνολικό εμβαδόν των διατομών και ανιχνεύεται σειριακά προκειμένου να βρεθεί η λύση που ικανοποιεί και τα κριτήρια αντοχών. Στα παρακάτω διαγράμματα ροής παρουσιάζεται ο αλγόριθμος για τα δύο στάδια βελτιστοποίησης.



Σχήμα 3: Διάγραμμα ροής αρχικής βελτιστοποίησης

² Η τριάδα αντιπροσωπεύει τις διατομές για κάθε τμήμα του δικτύωματος, μία διατομή για πάνω δοκό, μία για τις διαγώνιους και μία για την κάτω δοκό



Σχήμα 4: Βελτιστοποίηση με έλεγχο γεωμετρικής και κατασκευαστικής συμβατότητας

Για μεγαλύτερη οικονομία και ελαχιστοποίηση του ίδιου βάρους επιτρέπεται και η επιλογή διαφορετικής διατομής σε τμήματα της άνω δοκού, των διαγωνίων ή της κάτω δοκού. Σε αυτήν την περίπτωση δεν εκτελείται έλεγχος γεωμετρικής συμβατότητας αφού κατασκευαστικά δεν είναι επιτρεπτό αλλά προτείνεται για ερευνητικούς λόγους.

5. ΜΕΛΛΟΝ, ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το ερώτημα που τίθεται σήμερα είναι το κατά πόσο επιτρέπεται στον πολιτικό μηχανικό του μέλλοντος να καθυστερήσει την τεχνολογική του εξέλιξη και πρόοδο. Η απάντηση είναι σχετικά εύκολη: όσο η τεχνολογία εξελίσσεται με ρυθμούς που είναι αδύνατον να ακολουθήσουν ακόμα και επαγγελματίες του χώρου, ο μηχανικός θα πρέπει να προετοιμαστεί για ένα μέλλον όπου θα προσφέρει περισσότερα οφέλη μέσω της τεχνολογικής καινοτομίας και η μηχανική/τεχνολογική του εκπαίδευση θα πρέπει να εξελιχθεί για να το επιτύχει.

Στα χρόνια που έρχονται η τεχνολογία θα συνεχίσει να εξελίσσεται με τον ίδιο ταχύ ρυθμό. Ο κόσμος θα διασυνδεθεί ακόμα πιο έντονα και έτσι ακόμα και όσοι δεν ασχολούνται με την τεχνολογία θα πρέπει να αποδεχθούν τις νέες προκλήσεις για να μην τεθούν στο περιθώριο. Οι κοινωνικές, πολιτιστικές, πολιτικές και οικονομικές δυνάμεις θα επηρεάσουν την τεχνολογική καινοτομία καθώς οι ολοένα μικρότεροι κύκλοι ανάπτυξης προϊόντων λογισμικών θα βοηθήσουν στην οικονομική ανάπτυξη της κοινωνίας και θα προκύψουν αξιοσημείωτες ευκαιρίες μέσω των νέων εξελίξεων στη νανοτεχνολογία, την εφοδιαστική, τη βιοτεχνολογία και τον υπολογισμό υψηλών επιδόσεων.

Καθώς το επάγγελμα του πολιτικού μηχανικού είναι αδύνατον να μην ακολουθήσει αυτή την εξέλιξη, ο επαγγελματίας μηχανικός του μέλλοντος καλείται να είναι ο ξεκάθαρος ηγέτης των έργων, να ενσωματώσει την τεχνολογία και τους πόρους και να προωθήσει τη διαεπαφή με τον ιδιοκτήτη και το κοινό [6].

Σε ότι αφορά στο λογισμικό και όσο τα κινητά υπολογιστικά συστήματα σχεδόν θα διπλασιάζουν την ισχύ και τον αποθηκευτικό τους χώρο κάθε δύο με τρία χρόνια, όλο και πιο «βαριά» συστήματα λογισμικού θα μεταβαίνουν στον χώρο των κινητών συσκευών καταργώντας παράλληλα τις fat client εγκαταστάσεις και όντας διαθέσιμα μόνο σαν web based applications ή platform dedicated mobile applications. Μοναδικός περιορισμός το μεγάλο (>12") μέγεθος των οθονών, όπου αυτό είναι απαραίτητο, όπως για παράδειγμα στην παραγωγή κατασκευαστικών σχεδίων και γενικότερα στο CAD. Η εξέλιξη της τεχνολογίας θα δώσει και εκεί λύσεις με εύκαμπτες οθόνες αλλά και οθόνες ολογράμματος που είναι ακόμα σε πειραματικό στάδιο.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] WARGO J., "Apache Cordova 4 Programming", Vol. 1, 2015, pp. 171.
- [2] ΤΑΤΣΗΣ Κ., ΜΠΑΚΑΛΜΠΑΣΗΣ Δ., "Technical Specifications Trusses Plus", Vol. 13, 2016, pp. 1718-1731.
- [3] PRESS W., TEUKOLSKY S., "Numerical Recipes in C", Vol. 2, 1992, pp. 444
- [4] ARCELORMITTAL, "Sections and Merchant Bars, Sales Programme", Vol. 1, 2015, pp. 151
- [5] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDISATION, "Eurocode 3: EN1993-1-1:2005", Vol. 1, 2005, §6
- [6] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE), "The Vision for Civil Engineering in 2025", <http://www.raisethebarforengineering.org/future-engineer>

CROSS PLATFORM MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT FOR THE ANALYSIS, DESIGN AND OPTIMIZATION OF STEEL TRUSSES

D.Bakalbasis¹, K.Stefanopoulos¹, P.Tsoronis¹, I.Palamas²

¹ Software Engineer ² Dr. Civil Engineer

CCS S.A

Athens, Greece

e-mail: info@ccs.gr

SUMMARY

The growing use of mobile devices (mobile phones, tablets) in Greece and abroad, essentially transformed the engineering office to a nearly location independent mobile workstation. At the same time, the development of applications for mobile devices in the field of analysis/ design, provided construction engineer with work tools beyond the simple management of everyday tasks such as contacts, phone numbers, agenda etc.

The challenges encountered and faced by the designer and developer of this application type are not easily solvable. Computational speed and vast amounts of available memory and storage capacity of the mobile devices are required to solve complex designs. Even if in desktop machines these capacities are nowadays obvious they are not taken for granted in mobile devices. The seamless internet connection and complex graphics presentation can be now commonplace for desktops, but it's still a challenge for mobile devices.

In response to the development challenge of such an application relating to the analysis, the design according to EC3 and minimizing the weight of steel trusses with sections of ArcelorMittal, special cross platform software has been developed by CCS SA with the requirement to perform these tasks quickly and effectively in any mobile device, capable of generating full pre-dimensioning calculation notes, available in PDF format for all interested parties, whether engineers preparing predesign studies either dealers of ArcelorMittal drawn up offer to a customer.

This paper presents the problems, issues and peculiarities that occurred during the project development, the solutions adopted and the future development of software for mobile devices relating to the construction design.