

# Προγραμματιστική Εργασία 2022-2023

Ράπτης Παναγιώτης  
{AM : 2014030146}  
Γαβριηλίδης Σοφοκλής  
{AM : 2014030062}  
{Ιανουάριος 2023}

## 1. Εισαγωγή

Ο agent που υλοποιήσαμε βασίστηκε κυρίως στην εκμετάλλευση της αγοράς, έτσι ώστε να καταφέρει να χειραγωγεί κατά μια έννοια τους Customers με σκοπό να επιλέγει το μερίδιο της αγοράς που θέλει να προσπαθήσει να καλύψει για κάθε συγκεκριμένο timeslot. Το όνομα του broker είναι SoPa2023.

Συνοπτικά, οι τεχνικές που χρησιμοποιούμε μπορούν να οριστούν ως εξής :

- Για το Retail Market, χρησιμοποιώντας μια ευρετική συνάρτηση για την αξιολόγηση των Tariffs που υπάρχουν κάθε δεδομένη στιγμή, μπορούμε να βρούμε είτε το καλύτερο Tariff στην αγορά, είτε το καλύτερο δικό μας Tariff, ή ακόμα και το καλύτερο αντίπαλο Tariff (αντίστοιχα και για τα χειρότερα).  
Εκμεταλλευόμαστε το γεγονός αυτό για να μπορούμε να κερδίσουμε ή να χάσουμε customers, δημοσιεύοντας Tariffs είτε χειρότερα είτε καλύτερα από κάποια απ' τις παραπάνω επιλογές.
- Για το Wholesale Market, χρησιμοποιούμε μια πιο απλή παραλλαγή της τεχνικής που παρουσιάζεται στο άρθρο [\[1\]](#) έτσι ώστε μέσω του Monte Carlo Tree Search αλγορίθμου να μπορούμε να πλοηγηθούμε μεταξύ των διαφορετικών States του Wholesale Market (το οποίο αποτελεί ένα Periodic Double Auction) και να μπορέσουμε να εξασφαλίζουμε την ενέργεια που χρειαζόμαστε σε κάθε timeslot.

## 2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ας ορίσουμε κάποιες έννοιες που είναι σημαντικές ώστε να γίνει καλύτερα κατανοητός τόσο ο διαγωνισμός PowerTAC, όσο και οι λύσεις που προτείνονται.

- Αρχικά, ο διαγωνισμός PowerTAC μοντελοποιεί ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον μεταξύ agents, οι οποίοι ως σκοπό έχουν την αγοραπωλησία ενέργειας σε συνεργασία με customers οι οποίοι μπορεί να είναι είτε καταναλωτές, είτε παραγωγοί ενέργειας. Ο διαγωνισμός διαρκεί 60 ημέρες, στην δική μας προσομοίωση βέβαια πάνω από 12 μέρες καταφέραμε να το τρέξουμε ελάχιστες φορές, πράγμα που περιορίσε την δυνατότητα μας όσον αφορά την βελτιστοποίηση του broker μας σε συγκεκριμένα σημεία.  
Ουσιαστικά, αυτό που προσπαθούν οι broker agents να πετύχουν, είναι σε ένα μη-ντετερμινιστικό περιβάλλον, όπου οι συμπεριφορές των customers αλλά και ο καιρός περιέχουν στοιχεία αβεβαιότητας, να καταφέρουν να βρουν το σημείο ισορροπίας της αγοράς(προσφορά-ζήτηση) με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια.  
Επιπλέον, ο διαγωνισμός χωρίζεται σε 2 κύρια markets(για την ανάγκη αυτής της εργασίας), το Retail Market και το Wholesale Market.
- Retail Market : Το retail market είναι ο χώρος στον οποίο οι brokers δημοσιεύουν tariffs και αλληλεπιδρούν με customers, με σκοπό την αγοραπωλησία ενέργειας μεταξύ των 2 ομάδων αυτών. Αποτελεί το κύριο εισόδημα των brokers.
- Wholesale Market : Εδώ οι brokers αλληλεπιδρούν μεταξύ τους(αλλά και με κάποιες ξένες οντότητες) με σκοπό την αγοραπωλησία ενέργειας ώστε να έχουν αρκετή ενέργεια να προσφέρουν στους πελάτες τους σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η αγοραπωλησία αυτή έχει μοντελοποιηθεί με την μορφή ενός Periodic Double Auction.
- Periodic Double Auction(PDA) : Σε ένα PDA μπορούν να υπάρξουν προσφορές για κάθε αγαθό σε πολλαπλά trading periods και είναι ο τρόπος με τον οποίο συχνά πραγματοποιείται η αγοραπωλησία ενέργειας και στον πραγματικό κόσμο. Στον PowerTAC κάθε trading period διαρκεί 24 timeslots και οι brokers πρέπει να αποφασίσουν τον τρόπο με τον οποίο θα προμηθευτούν την ενέργεια τους μέσα σε αυτό.

### 3. Παρόμοιες Υλοποιήσεις

Στην "τέχνη", δεν υπάρχει παρθενογένεση. Έτσι και εδώ, θα αναφέρουμε συνοπτικά κάποιες δουλειές διαφορετικών συγγραφέων που μας βοήθησαν στην υλοποίηση που επιχειρήσαμε να πραγματοποιήσουμε.

Όσον αφορά την υλοποίηση του Retail Market, βασιστήκαμε στο άρθρο [2] και την στρατηγική(και ικανότητα) του broker που παρουσιάζεται σε αυτό (TUC\_TAC) να χειραγωγεί την αγορά χρησιμοποιώντας Bounds για το μερίδιο της αγοράς που του αναλογεί, κυνηγώντας μια ισορροπία στον τομέα αυτό. Πιο συγκεκριμένα, προσπαθεί να κρατήσει μια ισορροπία μεταξύ των εσόδων από πιθανούς customers, αλλά και να κρατήσει χαμηλά τα Transmission Capacity Fees που καλείται να πληρώνει ο κάθε broker ανά κάποια χρονική περίοδο.

Σπουδαία επιρροή αποτέλεσε και το άρθρο [1], όσον αφορά βέβαια την υλοποίηση του Wholesale Market. Στο άρθρο αυτό προτείνεται η χρήση του Monte Carlo Tree Search Αλγορίθμου, με σκοπό

την προσομοίωση του PDA μέσω του αλγορίθμου αυτού και την επιλογή της κατάλληλης επόμενης ενέργειας μέσα από ένα σύνολο πιθανών τέτοιων ενεργειών. Περισσότερα για την δική μας υλοποίηση που βασίστηκε στο άρθρο αυτό θα δούμε στην συνέχεια.

Πολλοί brokers χρησιμοποιούν επίσης είτε MDPs για την μοντελοποίηση του PDA, είτε αλγορίθμους και τεχνικές μηχανικής μάθησης( Reinforcement/Deep Learning), και μια καλή ιδέα για υλοποίηση τους που επικεντρώνεται σε ένα είδος Q-Learning παρουσιάζεται στο άρθρο [3] και τον agent Mertacor. Η έλλειψη χρόνου δεν μας επέτρεψε να ασχοληθούμε περαιτέρω με τέτοιες τεχνικές για την συγκεκριμένη υλοποίηση, όπως θα αναφέρουμε και στην συνέχεια όμως, θα ήταν πολύ ενδιαφέρον σαν αντικείμενο μελλοντικής βελτιστοποίησης.

## 4.Στρατηγική στο Retail Market

Αρχικά, το Retail Market περιέχει Tariffs από πολλαπλούς τύπους ενέργειας. Μια απόφαση που πήραμε σχετικά νωρίς στην υλοποίηση μας, ήταν να επικεντρωθούμε σε κάποιους πιο συγκεκριμένους, έτσι ώστε να μπορούμε πιο εύκολα και πιο εξειδικευμένα να ελέγχουμε το μερίδιο της αγοράς που αφορά αυτούς.

Μια παγίδα εδώ, βέβαια, είναι να αφήσουμε πολλές uncontested επιλογές για τους αντιπάλους brokers. Έτσι, απαιτείται η εύρεση μιας "χρυσής τομής", δηλαδή η διεύρυνση των τύπων ενέργειας αυτών όσο το δυνατόν περισσότερο.

Επιπλέον, για να διατηρήσουμε την τυχαιότητα των αρχικών tariffs δεν έχουμε υλοποιήσει κάποια ιδιαίτερη στρατηγική για αυτά, αλλά χρησιμοποιούμε κάποια tweaked prices και την στρατηγική του sample broker, έτσι ώστε να ξεκινάμε από ένα προκαθορισμένο σημείο. Παρατηρήσαμε πως η υλοποίηση μας, φαίνεται καλύτερη στο να κερδίζει customers απ'ότι να χάνει, οπότε ξεκινώντας χαμηλότερα με τα initial Tariffs αυτά μπορούμε πιο εύκολα να βρισκόμαστε σε πλεονεκτική θέση όσον αφορά την στρατηγική μας.

Η γενική στρατηγική μας παρουσιάζεται στο [Our Strategy for the Retail Market](#) ως ένα απλό διάγραμμα ροής, που θα αναλυθεί περαιτέρω παρακάτω.

Όπως είπαμε, λοιπόν, βγάζουμε κάποια αρχικά Tariffs, συγκεκριμένα για Consumption, Wind/Solar Production και Battery Storage, για τον λόγο που αναφέρθηκε παραπάνω. Ύστερα, με το που δούμε πως σχηματίζεται η αγορά, στο timeslot 362 κάνουμε μια εξαίρεση στον γενικότερο τρόπο που αντιμετωπίζουμε τις assessment περιόδους μας για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα των μη βελτιστοποιημένων αρχικών Tariffs όσο το δυνατόν γρηγορότερα και να κάνουμε μια πιο δυναμική αρχή στο παιχνίδι.

Ας εξηγήσουμε όμως λίγο καλύτερα τι γίνεται σε αυτές τις περιόδους assesment, που αντιστοιχούν όπως φαίνεται και απ'το διάγραμμα, στις τιμές των timeslots που διαιρούνται ακριβώς με το 5(Δηλαδή

κάθε 5 timeslots), αλλά και αυθαίρετα το timeslot 362.

Αξίζει να σημειωθεί πως εκτός απ'τα αρχικά Tariffs μας και τα modifications που θα εξετάσουμε παρακάτω, πειραματιστήκαμε και με κάποια Tariffs τα οποία μοναδικός τους σκοπός θα ήταν να αποπροσανατολίσουν τους αντιπάλους μας, αν αυτοί προσπαθούσαν να χρησιμοποιήσουν ευρετικές που βασίζονταν αποκλειστικά στα Average Rates όπως η δική μας, περισσότερα για τα οποία θα δούμε στην συνέχεια, αλλά και θα αναφέρουμε στο Κεφάλαιο [6.Πειραματισμοί και Παρατηρήσεις](#).

Συνοπτικά, καταλήξαμε έναντι της υλοποίησης τέτοιων Tariffs, αν και ήταν αρκετά ενδιαφέρουσα μια opponent modelling στρατηγική που θα αξιοποιεί πληροφορίες που διαθέτουμε για τους υπόλοιπους brokers και θα προσπαθεί να τους μπερδέψει με προσωποποιημένα Tariff decoys.

Συνεχίζοντας, λοιπόν, υλοποιήσαμε μια ευρετική συνάρτηση για την αξιολόγηση των Tariffs, αντικείμενο που χρήζει τεράστιας και ενδιαφέρουσας μελέτης, μιας και οι μοντελοποιήσεις των Customers είναι αρκετά περίπλοκες και οι συμπεριφορές τους δεν ταυτίζονται πάντα με τις προσδοκώμενες, αλλά σύμφωνα με το [\[5\]](#), μπορούν ακόμα και να "γαλουχηθούν".

Η υλοποίηση μας, βασίζεται στην υλοποίηση 2 ορίων, ένα High Bound και ένα Low Bound όσον αφορά το Market Share. Πειραματιστήκαμε και με ξεχωριστά Market Shares για κάθε διαφορετικό τύπο Tariff, πράγμα το οποίο δεν μας βοήθησε περισσότερο όμως, στην αποφυγή των χρηματικών ποινών. Σύμφωνα με αυτά τα όρια, προσπαθούμε να βρούμε μια ισορροπία μεταξύ κερδών από πελάτες, αλλά και να έχουμε χαμηλά contributions στα energy peaks. Έτσι, αποφασίσαμε, συμβουλευόμενοι και τον τίτλο του [\[2\]](#), να "στοχεύσουμε για τα μισά", ή αλλιώς, να προσπαθούμε να μένουμε κοντά, αλλά να μην φτάνουμε να μας αναλογεί παραπάνω από το 50% του μεριδίου της αγοράς.

Αυτό πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το διάγραμμα ροής που αναφέραμε παραπάνω, ενώ τα Best Tariffs που αναφέρει, τα βρίσκουμε μέσω της ευρετικής μας συνάρτησης.

Η κύρια ιδέα για την ευρετική μας, βασίζεται όπως είπαμε στα average rates των Tariffs, με ένα element που επηρεάζεται απ'το periodic payment και έναν έλεγχο για τυχόν υλοποίηση decoy Tariffs απ'τους αντιπάλους μας, και παρουσιάζεται αλγοριθμικά εδώ :

```

heuristicValue  $\leftarrow$  0.0
rates  $\leftarrow$  spec.getRates
init totalHour = 0s
init weights for time, rate and periodic payment
if spec == decoyTariff then
    | return - Double.MAX_VALUE
end
for Rate r : rates do
    | find hour/day duration
    | totalHours + = hourDuration * dayDuration
    | heuristicValue + = timeWeight * totalHours + abs(rateWeight * r.getValue())
end
heuristicValue + = periodicWeight * spec.getPeriodicPayment
heuristicValue(24 * 7)
if !spec.powerType.isProduction then
    | heuristicValue = -heuristicValue
end

```

## 5.Στρατηγική στο Wholesale Market

Εδώ, όπως προείπαμε, βασιστήκαμε στην υλοποίηση του άρθρου [4], ή καλύτερα, σε μια πιο απλοποιημένη μορφή του. Πιο συγκεκριμένα, στο άρθρο προτείνεται η χρήση του δυναμικού Monte Carlo Tree Search ή όπως ορίζεται εκεί *MCTS<sub>dynamic</sub>*, και ταυτόχρονα κάποιες επιπλέον τεχνικές μηχανικής μάθησης για την καλύτερη προσέγγιση των κατανομών και άρα την καλύτερη απόδοση του αλγορίθμου. Στην δική μας υλοποίηση χρησιμοποιούμε τον στατικό αλγόριθμο Monte Carlo Tree Search, βασιζόμενοι όσο το δυνατόν περισσότερο, στις παρατηρήσεις του [4] για τις κατανομές αυτές.

Πιο συγκεκριμένα, για την υλοποίηση μας, ορίζονται τα εξής :

- **Action** : Η κάθε δυνατή ενέργεια που μπορεί να εφαρμόσει ο broker για να μεταφερθεί από ένα State σε ένα άλλο, αντιπροσωπεύεται από την τιμή την οποία θα κάνει bid στο timeslot αυτό. Έτσι, έχοντας ένα min και max price όπως ορίζονται στο άρθρο, χωρίζουμε την περιοχή [*minPrice*, *maxPrice*] σε τόσα κομμάτια, όσο και τα πιθανά actions(στην δική μας περίπτωση 3)-1, δηλαδή 2. Τέλος, δηλώνουμε για κάθε State ένα ακόμη action που συμβολίζει την αποχή μας από το trading το timeslot αυτό(NOBID).
- **State** : Το κάθε state, συμβολίζεται ως Node στην προγραμματιστική υλοποίηση και αποτελεί έναν κόμβο του δέντρου που κατασκευάζει ο MCTS. Κάθε τέτοιο State, κρατάει πληροφορία για το αντίστοιχο action, visit count, parent State, το relative timeslot όσον αφορά το PDA(δηλαδή μπορεί να μπούμε στο auction απ' το timeslot 365, αλλά αυτό θα θεωρηθεί ως relative timeslot 0, το επόμενο timeslot που θα προσομοιωθεί ως 1 κ.ο.κ), αλλά και το μέσο κόστος ανά ενεργειακή μονάδα, που χρειαζόμαστε αργότερα για τον υπολογισμό της συνάρτησης UCT. Τερματικό, ονομάζουμε επίσης ένα State του οποίου είτε το relative timeslot έχει φτάσει το τέλος

της χρονικής περιόδου του auction είτε φτάνοντας εκεί έχουν καλυφθεί οι ενεργειακές ανάγκες του broker.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται είναι στην συνάρτηση `submitOrderWithMCTS` και η βασική ιδέα πίσω από αυτόν παρουσιάζεται εδώ :

```

input : timeslot, MAX_ITERATIONS
init CbalanceUnitPrice
for  $i \leftarrow 1$  to MAX_ITERATIONS do
    current  $\leftarrow$  root
    init limitPrice, root, Csim, CavgUnit
    init  $\langle$  curTimeslot, hoursUntilEnd  $\rangle$ 
    while !notTerminalState do
        if current.hasNoChildren then
            newLimitPrice  $\leftarrow$  computeLimitPrice
            current  $\leftarrow$  current.expandNode
        end
        if current.hasUnvisitedChildren then
            current  $\leftarrow$  current.randomChild
            SimulateRandomlyuntilterminalstate
            break
        end
        current  $\leftarrow$  current.bestUCTchild
        Simulate based on uct values
    end
    backPropagateValues
end
Find best action from root

```

Αξίζει να σημειωθεί πως η υλοποίηση μας δεν είναι ακριβώς αυτή που παρουσιάζεται στο άρθρο, μιας και δεν εκμεταλλευόμαστε τις δυναμικές κινήσεις που οι συγγραφείς προτείνουν.

## 6.Πειραματισμοί και Παρατηρήσεις

Αρχικά, αξίζει να αναφερθεί πως στους πειραματισμούς μας δοκιμάσαμε αρκετούς συνδυασμούς Tariffs, όπως και την περίπτωση να δίνουμε μεγαλύτερη προσοχή σε μια συγκεκριμένη ομάδα πελατών, όπως Production για πιθανή αποφυγή των Capacity Transmission Fees, Consumption για μεγαλύτερα κέρδη ή Storage, για το τελευταίο από τα οποία δεν καταφέραμε σε πολύ καλό βαθμό οπότε δεν μπορούμε να εξάγουμε αξιόπιστα συμπεράσματα.

Μπορούμε να ισχυριστούμε όμως πως,

1. Μεγάλο ποσοστό πελατών Production σημαίνει και μεγάλα έξοδα, πράγμα το οποίο εμποδίζει



τον broker μας απ'το να ξεκινήσει να εμφανίζει κέρδη στα συνολικά χρηματικά ποσά.

2. Μεγάλο ποσοστό consumption πελατών, σημαίνει και τεράστια ποσά ενέργειας, το οποίο μεταφράζεται σε μεγάλες συμμετοχές στα peak demands και άρα τεράστια Capacity Transaction Fees.

Κρίνεται απαραίτητη δηλαδή η έρευνα για την εξισορρόπηση του αριθμού των συνδρομητών κάθε είδους.

Πειραματιστήκαμε επίσης και με την εισαγωγή αβεβαιότητας στην διαδικασία ορισμού των τιμών μας, όπως για παράδειγμα στα Rates των modified Tariffs, τα οποία αυξομειώνονται με ένα προκαθορισμένο τρόπο, προσθαφαιρώντας ένα μικρό random value.

Όσον αφορά τα decoy Tariffs, ο τρόπος με τον οποίο κινηθήκαμε, ήταν με το να θέσουμε πολύ υψηλές τιμές signup και early withdrawal payments, τιμές στις οποίες οι περισσότεροι brokers ίσως δεν δώσουν μεγάλη σημασία κατά την διάρκεια του evaluation, και πάρα πολύ χαμηλά Rates, και παρατηρώντας τότε οι αντίπαλοι περίπου βγάζουν καλύτερα tariffs, σε συνδυασμό με έναν παράγοντα τυχαιότητας, να ετοιμάζουμε ένα decoy. Αυτό περιμέναμε να έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία των αντιπάλων να εκμεταλλευτούν το "καλύτερο" αυτό Tariff της αγοράς, μιας και τα Rates θα ήταν σχεδόν μηδενικά και την παρεμπόδιση της στρατηγικής τους.

Η στρατηγική αυτή βέβαια δεν υλοποιήθηκε μιας και ο μόνος broker που μπορούσαμε να την δοκιμάσουμε ήταν ο TUC\_TAC, ο οποίος δεν φάνηκε να επηρεάζεται ιδιαίτερα, και δεν υπήρξε περαιτέρω χρόνος για μεγαλύτερη διερεύνηση.

Συνεχίζοντας, ας σχολιάσουμε συνοπτικά τα αποτελέσματα από τα περιορισμένα simulations που καταφέραμε να τρέξουμε, ενώ στο [8. Διαγράμματα Προσομοιώσεων](#) μπορούμε να δούμε και τα ακριβή διαγράμματα που παρήχθησαν απ'τα simulations για να έχουμε μια καλύτερη ιδέα μέσω των energy peaks, του τρόπου με τον οποίο ο broker μας, προσπαθεί να αποφύγει τα Transmission Capacity Fees, αλλά και των γενικότερων προσομοιώσεων.

Ο στόχος μας ήταν να καταφέρουμε να κερδίζουμε customers, αλλά και να κρατάμε χαμηλό το contribution στα energy peaks, ώστε να αποφύγουμε υπέρογκα ποσά σε ποινές. Όπως βλέπουμε και στα διαγράμματα ο broker μας προσπαθεί να εναλλάξει πελάτες με τον TUC\_TAC (ο sample και ο default broker, δεν είναι ιδιαίτερα ενεργοί όπως περιμέναμε), έτσι ώστε να βγάλει κέρδος, χωρίς όμως να διακινδυνεύει μεγάλες ποινές. Στο wholesale market όπως βλέπουμε, ακολουθεί κατά κύριο λόγο τις τιμές που δείχνει και ο TUC\_TAC σαν mean overall prices, πράγμα το οποίο φαίνεται πιο συγκεκριμένα στα διαγράμματα. Επίσης, τα balancing fees που παρατηρήσαμε μετά την χρήση του Monte Carlo αλγορίθμου ήταν ελάχιστα.

Τέλος, λόγω περιορισμένων υπολογιστικών πόρων, δεν καταφέραμε να τρέξουμε τις προσομοιώσεις πολλές φορές για πολλά timeslots, οπότε θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που καταφέραμε να εξάγουμε από αυτές.

## 7.Μελλοντική Δουλεία/Στόχοι

Ως στόχοι μας για πιθανή μελλοντική δουλειά πάνω σε ένα τέτοιο project, θα ήταν η δοκιμή επιλύσεων του PDA στο Wholesale Market μέσω υλοποίησης MDPs, ή η χρήση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης ώστε να κατανοήσουμε καλύτερα τα δεδομένα και τις κατανομές τους και να μπορούμε να εκμεταλλευτούμε καλύτερα τις καιρικές συνθήκες κ.α. ώστε να υλοποιήσουμε κάποια καλύτερη τεχνική για price predictions.

Επίσης, αν θέλαμε να μην ξεφύγουμε απ'τον συγκεκριμένο τρόπο σκέψης μια πιο πιστή υλοποίηση του MCTS απ'το άρθρο [4] ή η προσπάθεια βελτιστοποίησής του ακόμα περισσότερο, ή κάποιοι καλύτεροι διαχωρισμοί των στρατηγικών για Consumption, Production και Storage Tariffs, ίσως χρειαζόταν για να μας "πείσει" για κάποια καλύτερα αποτελέσματα.

Ιδανικά, θα θέλαμε επίσης να διαθέτουμε χρόνο για μεγαλύτερη έρευνα πάνω στον τομέα του Tariff Evaluation, μιας και η ευρετική συνάρτηση που υλοποιήσαμε εδώ φαίνεται αρκετά απλή και χρήζει βελτιστοποίησης.

Τέλος, μια καλύτερη ματιά στα decoy Tariffs, τόσο στην παραγωγή τους, όσο και στην αντιμετώπιση, ίσως edίνε προοπτικές για έναν αρκετά νικηφόρο(αλλά όχι truthful) πράκτορα.

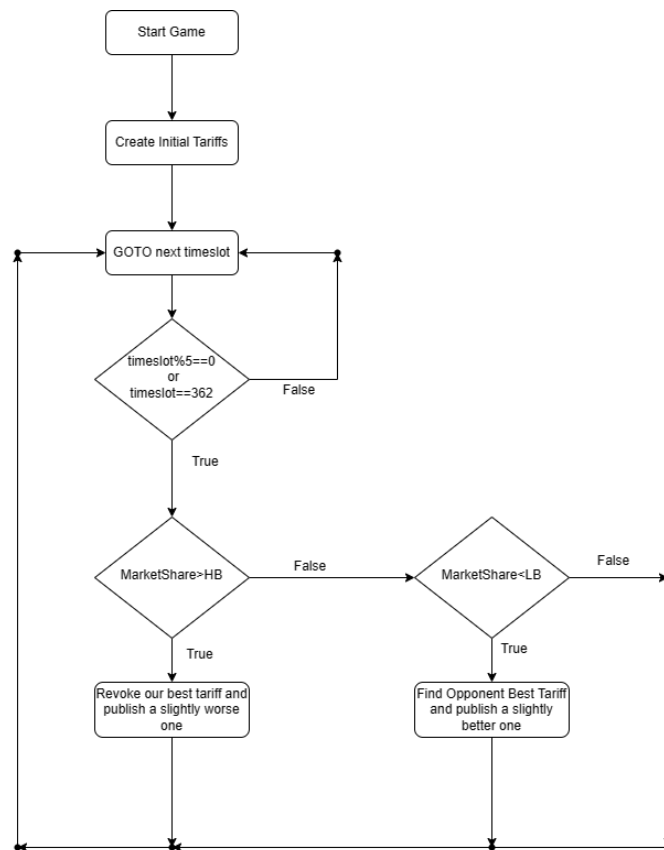


Figure 1: Our Strategy for the Retail Market



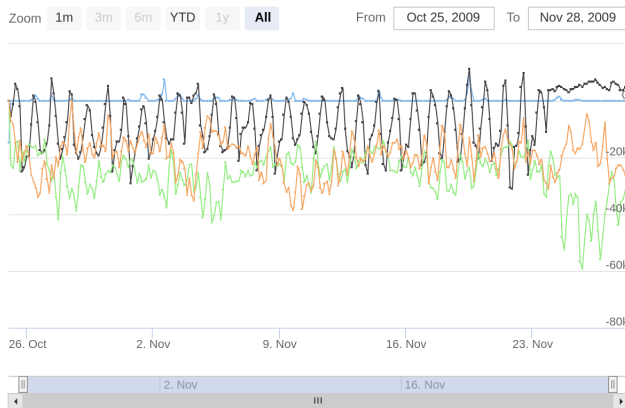
## 8. Διαγράμματα Προσομοιώσεων

Αρχικά, έχουμε προσομοιώσεις οι οποίες δεν κατάφεραν να ολοκληρωθούν και στις οποίες οι αντιστοιχίες είναι οι παρακάτω:

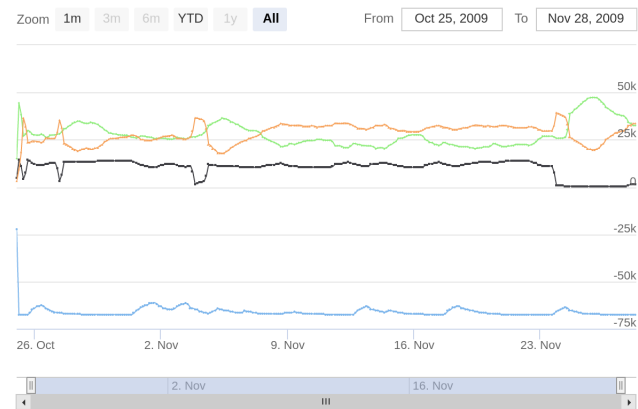
- TUC\_TAC : **Πράσινο**
- SoPa2023 : **Πορτοκαλί**
- SampleBroker : **Μαύρο**
- defaultBroker : **Μπλε**



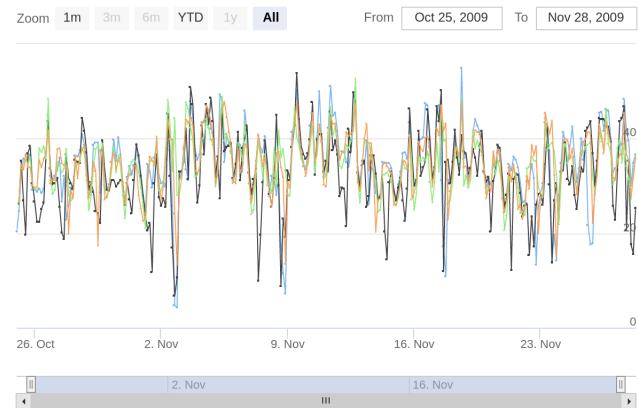
(a) Total Money



(c) Retail Energy

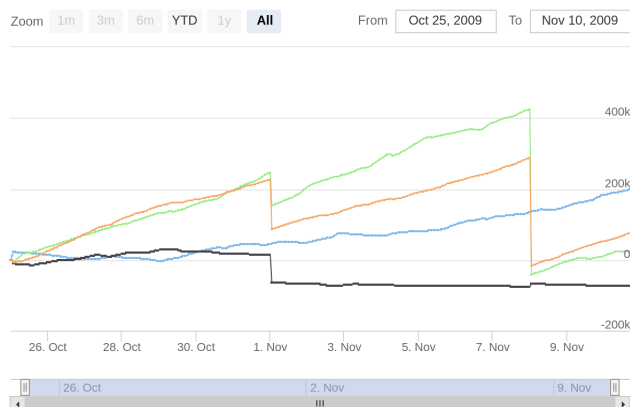


(b) Cumulative Subscriptions

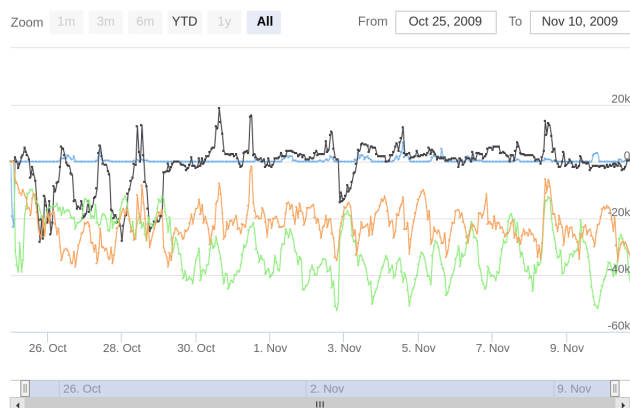


(d) Wholesale Mean Overall Price

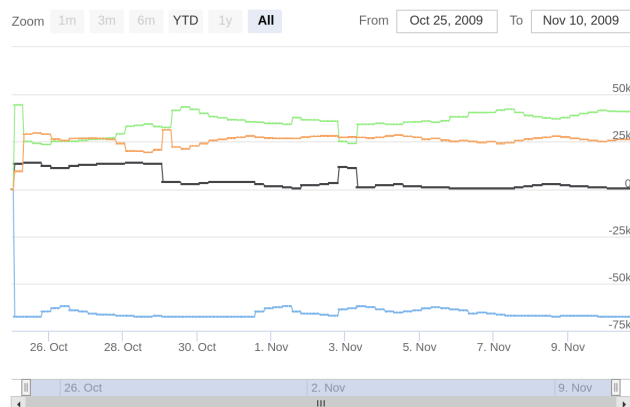
Figure 2: Simulation 1



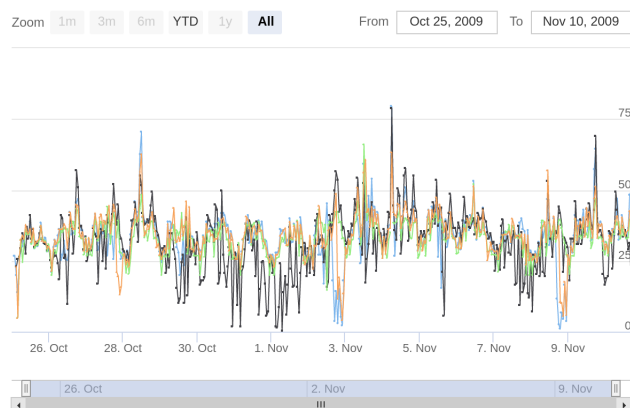
(a) Total Money



(c) Retail Energy



(b) Cumulative Subscriptions



(d) Wholesale Mean Overall Price

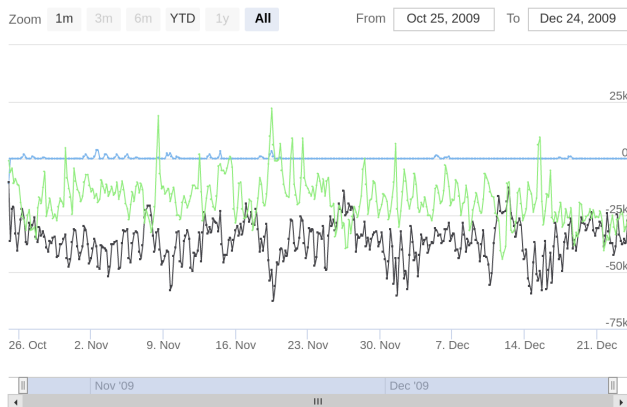
Figure 3: Simulation 2

Και τέλος, μια προσομοίωση που καταφέραμε να τρέξουμε για περισσότερα timeslots αλλά με μοναδικό αντίπαλο τον TUC\_TAC , σε διαφορετικό υπολογιστή :

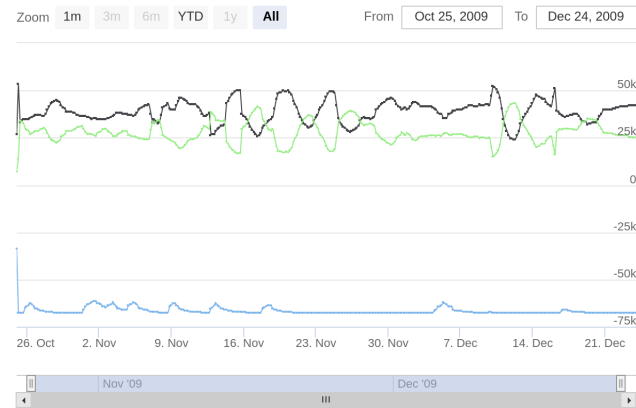
- TUC\_TAC : Μαύρο
- SoPa2023 : Πράσινο
- defaultBroker : Μπλε



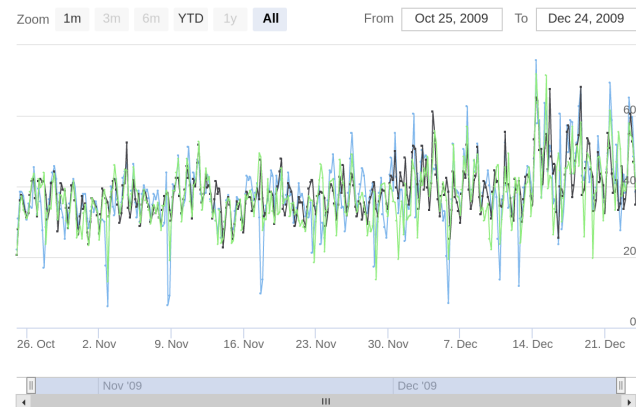
(a) Total Money



(c) Retail Energy



(b) Cumulative Subscriptions



(d) Wholesale Mean Overall Price

Figure 4: Simulation 3

Παρατηρούμε σημαντικές διαφορές μεταξύ των προσομοιώσεων σε διαφορετικούς υπολογιστές, με διαφορετικά bootstrap αρχεία.

## 9. Βιβλιογραφία

1. [Bidding in Periodic Double Auctions Using Heuristics and Dynamic Monte Carlo Tree Search](#)
2. [Aiming for Half Gets You to the Top: Winning PowerTAC 2020](#)
3. [Σχεδίαση και Ανάπτυξη Αυτόματου Χρηματιστή Ενέργειας για τον Διαγωνισμό PowerTAC](#)
4. [Bandit Based Monte-Carlo Planning](#)
5. [Maxon16: A Successful Power TAC Broker](#)