

Advanced Multi-Agent Systems

Research Project

Technical University of Crete

Georgios Kechagias - 201003002

November 15, 2016

Contents

1	General Introduction	1
2	Introduction	2
3	The Model	2
4	Experimental Evaluation	3
4.1	Synthetic Setting - General Allocation	3
4.2	Synthetic Results	4
4.3	EV Dataset Construction	4
4.4	PHEV setting & CABLE Dataset Construction	4
4.5	PHEV Results	6
5	Conclusions and Future Work	6

1 General Introduction

Για το ερευνητικό προτζεκ στο μάθημα Ειδικά Θεμάτα στα Πολυπρακτορικά Συστήματα, επικεντρωθήκαμε στην περιοχή του Computational(ή Algorithmic) Mechanism Design και πιο συγκεκριμένα σε Online Mechanism Design με εφαρμογή στο smart grid για την φόρτιση Electric Vehicles (EVs). Σε γενικές γραμμές, μας ενδιαφέρει το resource allocation σε self-intrested agents.

Η εργασία αυτή ξεκινάει με την κατανόηση του σκοπού για τον ποίο μελετάμε το συγκεκριμένο πρόβλημα. Στην συνέχεια, με την υλοποίηση του Online Mechanism ο ποίος βασίζεται στο cancellation of electricity units προκειμένου να εξασφαλιστούν επιθυμητές ιδιότητες όπως truthfulness και efficiency. Ανακατασκευάζουμε τα αποτελέσματα σε δυο φάσεις. Η πρώτη είναι δοκιμάζοντας τους αλγορίθμους σε synthetic setting προκειμένου να εξετάσουμε την ορθή λειτουργία τους, αλλά για να δούμε σε γενικές γραμμές την απόδοση τους όσον αφορά το allocative efficiency. Στην δεύτερη εξετάζουμε τους αλγορίθμους σε πραγματικά δεδομένα(σχεδόν πραγματικά) και να μελέτησουμε την συμπεριφορά τους στον πραγματικό κόσμο, και πιο συγκεκριμένα μετρήσουμε την πόσότητα των resources που «κάηκαν». Τέλος στα συμπεράσματα εξετάζουμε σε θεωρητικό επίπεδο(λόγω διάφορων ελλείψεων την υπάρχουσας εργασίας) την συμπεριφορά του συστήματος, όταν οι agents μπορούν να κάνουν coordination των επιλογών τους μέσω ενός social network, προκειμένου ζητώντας διαφορετικά electricity units, να επιτευχθεί λιγότερο resource burning στο σύστημα.

Η μελέτη μας βασίζεται στην εργασία *"An online mechanism for multi-unit demand and its application to PHEV charging"*[2].

Για την υλοποίηση της υποδομής, χρησιμοποιήσαμε την γλώσσα Python 2.7 και την πλατφόρμα Anaconda για την παροχή μιας σειράς βιβλιοθηκών της Python.

2 Introduction

Ο σχεδιασμός μηχανισμών για allocation σπάνιων πόρων σε ιδιοτελείς πράκτορες, είναι απο τα κεντρικά αντικείμενα έρευνας στην Τεχνητή Νοημοσύνη. Η εργασία που μελετάμε [2], έχει ως σκοπό τον σχεδιασμό μηχανισμών που όπως έχουμε ήδη αναφέρει, έχουν κάποια συγκεκριμένα properties, όπως truthfulness και efficiency. Το περιβάλλον στο οποίο γίνεται η μελέτη, χαρακτηρίζεται απο dynamic supply and demand, δηλαδή οι agents συνεχώς έρχονται και φεύγουν απο το σύστημα(market) καθώς τα resources που θέλουμε να κάνουμε allocate, αλλάζουν σε ποσότητα στον χρόνο(στην περίπτωση μας, ηλεκτρική ενέργεια).

Το παραπάνω concept αποτελεί τον λόγο για το πεδίο του Online Mechanism Design δημιουργήθηκε, καθώς σε αυτούς του μηχανισμούς, οι agents έχουν κίνητρο όχι μόνο να δηλώσουν truthfully την τιμή που θέλουν να πληρώσουν για ένα συγκεκριμένο allocation, αλλά επίσης και την περίοδο που θα είναι διαθέσιμοι στο market.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι στόχος του μηχανισμού μας, δεν είναι το κέρδος, αλλά το allocative efficiency. Πιο συγκεκριμένα στο domain του PHEV charging, ο στόχος είναι να γίνει allocate κάποιο capacity αποδοτικά, μεγιστοποιώντας την αξία στον χρήστη. Αν θα θέλαμε πάντως να εγγυηθούμε κάποιο ελάχιστο κέρδος στον πωλητή για κάθε unit of electricity που πουλήθηκε, θα μπορούσαμε να εισάγουμε κάποιο reserve price. Σε αυτή την περίπτωση, αν η ελάχιστη τιμή είναι ορισμένη και συγκεκριμένη για όλα τα units, αυτό δεν επηρεάζει τα properties του μηχανισμού. Με άλλα λόγια λοιπόν, στην περίπτωση που μελετάμε, units μπορούν να δωθούν σε agents χωρίς να χρεωθούν τίποτα αν δεν υπάρχει κάποιος άλλος που να ζητάει τα ίδια ακριβώς units, ή αμα το supply είναι μεγαλύτερο απο το demand.

Για την σχεδίαση στην παρούσα εργασία, γίνεται η χρήση του Vickrey-Clarke-Groves (VCG) mechanism στον οποίο ο κάθε agent δεν έχει πληροφόρηση για τα valuations των άλλων agents, και ο ίδιος έχει προσωπικά valuations. Ο κάθε agent καταθέτει το valuation του στον μηχανισμό και νικητής είναι ο agent με το μεγαλύτερο valuation. Όμως αυτό που θα πληρώσει είναι το δεύτερο μεγαλύτερο valuation όχι το δικό του. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται ότι ο κάθε agent truthfully, θα κάνει report τις προτιμήσεις του. [1]

3 The Model

Στο σύστημα θεωρούμε time steps τα οποία είναι διακριτά, $\{1,2,3,\dots\}$, και σε κάθε time step, μια συγκεκριμένη ποσότητα αναλώσιμου αγαθού πωλείται στους agents, οι οποίοι μπορεί να χρειάζεται πολλάπλα units του αγαθού σε κάθε περίοδο. Για να ορίσουμε formally μερικές σημαντικές ποσότητες του συστήματος, $S(t)$ αποτελεί το supply που είναι διαθέσιμο σε χρόνο t . $I(t) = \{1,2,3,\dots\}$ αποτελεί το σύνολο των agents που είναι στην χρονική στιγμή t στο σύστημα ή έχουν φύγει απο το σύστημα στο παρελθόν. Χαρακτηριστικό των agents σε αυτή την μελέτη, είναι ότι δεν έχουν πρόσβαση σε κάποιο probabilistic model των future arrivals, departures ή του supply, παραμόνο σε ότι υπάρχει την χρονική περίοδο t . Η αρίθμηση των agents γίνεται σύμφωνα με το arrival time τους και κάθε agent έχει έναν τύπο που περιγράφεται απο το tuple $\theta_i = \langle a_i, d_i, r_i, v_i \rangle$, στο οποίο v_i είναι το marginal valuations vector, a_i και d_i είναι το arrival και departure time με $d_i \geq a_i$, και τέλος το maximum consumption rate r_i που δηλώνει πόσα units μπορεί ο κάθε agent να καταναλώσει σε κάθε time step.

Κατά την άφηση τους στο σύστημα, οι agents πρέπει να κάνουν report ένα valuation function και το maximum consumption rate τους. Αυτές οι ποσότητες πρέπει να παραμείνουν σταθερές όσο ένας agent είναι διαθέσιμος στο σύστημα.

Για να ολοκληρώσουμε την περιγραφή του τύπου (ή του tuple) του κάθε agent, κάθε ένα $v_{i,k}$ του διανύσματος v_i ονομάζεται marginal valuation και αντιπροσωπεύει το πόσο πολύ θέλει ένας agent i το k^{th} unit απο το δεδομένο supply. Για τα marginal valuations έχουμε δύο assumptions τα οποία είναι θεμελιώδης για την κατασκευή του συστήματος, αλλά όπως θα δούμε και στο μελλοντική μας επέκταση με coordination σε social network, μας δείχνουν πως μπορούμε να κάνουμε αυτό το coordination, χωρίς να αλλοιώσουμε τα properties του Μηχανισμού. Αναφέρουμε λοιπον περιγραφικά:

Assumption 1. Τα Marginal Valuations είναι non-increasing i.e $\forall i, k : v_{i,k} \geq v_{i,k+1}$

Assumption 2. Οι agents δεν μπορούν να δηλώσουν earlier arrival, later departure ή μεγαλύτερο consumption rate i.e $\hat{a}_i \geq a_i, \hat{d}_i \leq d_i, \hat{r}_i \leq r_i$

Reports που ικανοποιούν τα παραπάνω assumptions θεωρούμε οτι είναι valid. Έτσι λοιπόν, αυτό που μελετάμε, είναι η δημιουργία ενός μηχανισμού στον οποίο, $\hat{\theta}_i = \theta_i$, δηλαδή οτι και να κάνουν report οι άλλοι agents, συμφέρον του i agent είναι να δηλώσει τις πραγματικές του προτιμήσεις. Πιο επίσημα, θέλουμε έναν DSIC mechanism (Dominant-strategy incentive compatible).

4 Experimental Evaluation

Στην συγκεκριμένη αναφορά δεν τα περιγράφουμε τις λεπτομέρειες και την απόδειξη του Online Mechanism που μελετάμε. Ένα κομμάτι της έγινε στην σχετική παρουσίαση μας στο μάθημα Ειδικά Θέματα στα Πολυπρακτορικά Συστήματα. Πριν περιγράψουμε όμως να πειραματικά μας αποτελέσματα μπορούμε γρήγορα να θυμηθούμε τα εξής κομβικά σημεία του μηχανισμού.

Το allocation policy γίνεται σε δύο στάδια.

1. Σε κάθε time step t, γίνεται ένα pre-allocation με την χρήση της greedy allocation policy.
2. Στην συνέχεια έχουμε 2 διαφορετικούς δρόμους για το πως να μπορούμε να ακυρώσουμε units από agents.

-Immediate Cancellation (IM) : Units μένουν unallocated σε κάθε time step, αν

$$u_{i,k} < p_{i,k} \gamma \alpha k_i^t < k \leq k_i^t + \pi_i^t$$

-On Departure Cancellation (IM) : Για κάθε agent που φεύγει από το σύστημα, ακυρώνουμε το allocation για κάθε unit για το οποίο $k < k_i$ που $u_{i,k} < p_{i,k}$

Τέλος ανάλογα με την περίπτωση υπολογίζουμε τα payments. Βάση της σχέσης 4, σελίδα 188 του [2]

Παρακάτω φαίνεται ένα παράδειγμα του Immediate Cancellation (IM) με νούμερα διαφορετικά από αυτά που έχουν τα παραδείγματα του paper που μελετάμε καθώς έχει ενδιαφέρον ο τρόπος που υπολογίζονται τα payments.

	agent 1 $a_1 = 1, d_1 = 3$ $v_1 = \langle 10, 4, 2 \rangle, r_1 = 1$	agent 2 $a_2 = 1, d_2 = 3$ $v_2 = \langle 9, 3, 1 \rangle, r_2 = 1$	agent 3 $a_3 = 1, d_3 = 3$ $v_3 = \langle 8, 6, 5 \rangle, r_3 = 1$
$t = 1$	$V_{-1} = \{9, 8\}, k_1 = 0$ $p_1 = \langle 9 \rangle, v_1 = \langle 10 \rangle$	$V_{-2} = \{10, 8\}, k_2 = 0$ $p_2 = \langle 10 \rangle, v_2 = \langle 9 \rangle$	$V_{-3} = \{10, 9\}, k_3 = 0$ $p_3 = \langle 10 \rangle, v_3 = \langle 8 \rangle$
$t = 2$	$V_{-1} = \{8, 3\}, k_1 = 1$ $p_1 = \langle 8, 9 \rangle, v_1 = \langle 4 \rangle$	$V_{-2} = \{6, 4\}, k_2 = 0$ $p_2 = \langle 6, 10 \rangle, v_2 = \langle 9 \rangle$	$V_{-3} = \{4, 3\}, k_3 = 0$ $p_3 = \langle 4, 10 \rangle, v_3 = \langle 8 \rangle$
$t = 3$	$V_{-1} = \{5, 3\}, k_1 = 1$ $p_1 = \langle 5, 8, 9 \rangle, v_1 = \langle 4 \rangle$	$V_{-2} = \{5, 4\}, k_2 = 1$ $p_2 = \langle 5, 6, 10 \rangle, v_2 = \langle 3 \rangle$	$V_{-3} = \{2, 1\}, k_3 = 0$ $p_3 = \langle 2, 4, 10 \rangle, v_3 = \langle 8 \rangle$

Table 1: Εκτέλεση του μηχανισμού με 3 agents και 3 time steps για τον IM mechanism. $S=\{1,1,1\}$

Όπως μπορούμε να δούμε στο παραπάνω πίνακα, καθένας από τους agents παίρνει 1 unit of electricity σε κάθε time step. Αυτό φαίνεται από τα valuation τους. Αυτό όμως που θα πληρώσουν δεν είναι το valuation τους, αλλά μια διαφορετική τιμή, η οποία εξαρτάται τόσο από τα valuations των άλλων agent, αλλά και από το γεγονός οτι ξανατρέχοντας το market αφαιρώντας τον agent i, το allocation είναι τελειώς διαφορετικό. Έτσι λοιπόν ο agent 1 θα πληρώσει 5 για το unit του, ο agent 2 θα πληρώσει 5 και ο agent 3 θα πληρώσει 2. Αξίζει να σημειωθεί, οτι αν για κάποιο λόγο, κάποιος agent έχει $k > 1$, τότε θα πλήρωνε $p_{i,1} + p_{i,2}$. Η συνέχεια της σκέψης είναι μετά αρκετά εύκολη. Δεν παραθέτουμε παραδείγματα με ακυρώσεις, καθώς καλύπτονται από τις σχετικές ενότητες της εργασίας που μελετάμε.

4.1 Synthetic Setting - General Allocation

Στο συγκεκριμένο σετ πειραμάτων, τόσο οι agents (δηλαδή ο τύπος τους), όσο και το supply, παράγονται από απλές ομοιόμορφες κατανομές. Ο βασικός λόγος για τον οποίο γίνονται αυτά τα πειράματα, είναι προκειμένου να έχουμε έναν εύκολο τρόπο να παράγουμε αποτελέσματα και να μετράμε την γενική απόδοση του μηχανισμού.

Επίσης με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να μην έχουμε την υποδομή μας απόλυτα συνδεδεμένη με συγκεκριμένα δεδομένα, πράγμα που βοηθάει στο να μπορούμε στο μέλλον να δοκιμάσουμε καινούργια δεδομένα. Τέλος στα πλαίσια του ερευνητικού προτζεκ, πέρα του ακαδημαϊκού ενδιαφέροντος και της προσωπικής περιέργειας, η κατασκευή αυτών των αποτελεσμάτων ήταν ένας τρόπος για να ελέξουν την ορθή λειτουργία του συστήματος σε μεγάλο όγκο δεδομένων.

Σε αυτό το setting λοιπόν, παράγουν το supply $S(t)$ απο μια ομοιόμορφη κατανομή επιλέγοντας κάποιο στοιχείο απο το σύνολο $\{1, 2, 3, \dots, s\}$ με το s να αλλάζει σε διαφορετικά πειράματα προκειμένου να αναπαραστήσουμε διαφορετική ποσότητα διαθέσιμης ενέργειας. Για κάθε agent i με τύπο $\theta_i = \langle a_i, d_i, r_i, v_i \rangle$, το arrival time a_i το παράγουμε απο δειγματοληψία σε ομοιόμορφη κατανομή στο σύνολο $\{0, 1, 2, 3, \dots, 23\}$ και το departure time d_i απο το σύνολο $\{a_i, a_i + 1, \dots, 23\}$. Το consumption rate r_i το δειγματοληπτούμε απο το σύνολο $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ και τέλος παράγουμε τα marginal valuations του κάθε agent v_i με το εξής τρόπο. Το πρώτο valuation $v_{i,1}$ προκύπτει απο δειγματοληψία εκθετικής κατανομής με $rate = 1$, ενώ τα υπόλοιπα valuations θα δειγματοληπτούμε ομοιόμορφα απο το διάστημα $[0, v_{i,1}]$ και τα ταξινομούμε σε φθίνουσα σειρά για να εξασφαλίσουμε non-creasing marginal valuations.

	arrival	departure	consumption rate	varginal values
agent 1	1	14	1	0.99806851602927382, 0.22537546277173001, 0.20684578865115794, 0.16719823994711272, 0.03851120831910571
agent 100	22	23	3	0.97149873996422575, 0.70916161152129953, 0.43507398971833006, 0.30459953282144381, 0.15766971065716098, 0.10381014110317938
agent 200	13	15	4	1.0475958581629119, 0.79639365412076601, 0.5338487793962271, 0.21411710185160193, 0.16378395665922346

Table 2: Tuples απο agents κατασκευασμένους με συνθετικό τρόπο

4.2 Synthetic Results

Στα πλαίσια της εργασίας μας θα μελετήσουμε τα πόσα units «κάηκαν» τόσο στο OnDeparture Cancellation, όσο και στο Immediate Cancellation (IM). Για τον λόγο αυτό εκτελέσαμε σε synthetic setting τις δυο διαφορετικές μεθοδολογίες. Παρακάτω φαίνονται τα στατιστικά αποτελέσματα των cancellations.

	mean	median	standard deviation
OD	2.15	2	1.40
IM	7.64	8.0	2.632

Table 3: Τα στατιστικά των OD και IM cancellations σε συνολικό δείγμα 100 επαναλήψεων.

Όπως περιμέναμε, και βάση της παρατήρησης των συγγραφέων του paper που μελετάμε, τα cancellations στην IM περίπτωση είναι αρκετά περισσότερα σε σχέση με την OD.

Αυτά τα πειράματα γίναναν σε setting με $S(t) = 20 \forall t$, 200 agents και 100 επαναλήψεις σε κάθε περίπτωση για να έχουμε στατιστική επάρκεια στα αποτελέσματα μας.

4.3 EV Dataset Construction

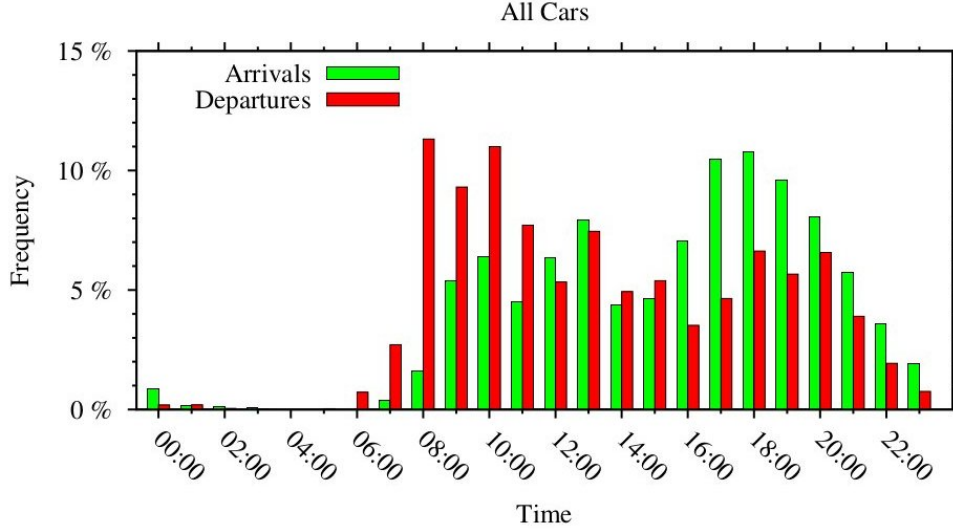
4.4 PHEV setting & CABLE Dataset Construction

Για την κατασκευή του EV dataset, χρησιμοποιήσαμε στοιχεία για αυτό που περιγράφονται στην εργασία που μελετάμε. Δυστυχώς δεν είχαμε πρόσβαση στο κανονικό dataset, αλλά αυτό δεν ήταν μεγάλο πρόβλημα.

Πιο συγκεκριμένα θέλουμε για ακόμα μια φορά να δημιουργήσουμε τα tuples $\theta_i = \langle a_i, d_i, r_i, v_i \rangle$.

Το consumption rate r_i , το τραβάμε ομοιόμορφα απο το διάστημα $\{1, 2, 3, 4\}$

Τα arrival a_i και departure d_i time τα παράγουμε απο τα στοιχεία του Cable Dataset που περιγράφονται στο paper που μελετάμε. Έτσι λοιπόν στο παρακάτω ιστόγραμμα μετρήσαμε τις συχνότητες arrival και departure, υπολογίσαμε την μέση τιμή και την διασπορά για τα arrivals και τα departures και στην συνέχεια με την χρήση κανονικής κατανομής δημιουργούμε νέα arrival και departure για οποιοδήποτε επιθυμητο πλήθος αυτοκινήτων.



Distributions of arrival and departure times for all 56 EVs in the CABLED dataset (assigning equal weight to each EV).

Τέλος τα marginal valuations δημιουργήθηκαν με την χρήση των σχέσεων της σελίδας 215 του [2], αλλά και με κατάλληλη αξιοποίηση στοιχείων απο το paper για ακόμα μια φορά. Έτσι χρησιμοποιώντας τα δεδομένα απο το cable dataset, έχουμε 56 vehicles, τα οποία πραγματοποιήσαν 4302 ταξίδια και διάνυσαν συνολική απόσταση 72500 Miles. Επίσης η median των αποστάσεων ήταν 41miles και η median 9miles. Με κατάλληλη στατιστική επεξεργασία αυτών των δεδομένων δημιουργήσαμε τα προφίλ ταξιδιού του καθένα απο τα 56 αυτοκίνητα (σε miles) και στην συνέχεια, ανάλογα με το μέγεθος του στόλου EVs που θέλουμε να δημιουργήσουμε, δειγματοληπτούμε κανονικά απο αυτό το σύνολο των 56 το προφίλ καθενός απο τα «τεχνητά» αυτοκίνητα.

Παρακάτω υπάρχουν μερικά παραδείγματα απο agents (EVs) που δημιουργήθηκαν με τον παραπάνω τρόπο.

	arrival	departure	consumption rate	varginal values
agent 1	10.0	19.0	4	0.2989032411088304,0.24908603425735862,0.1992688274058869,0.14945162055441513,0.0996344137029434,0.04981720685147169,0.7994982390667906,0.6662485325556595,
agent 2	21.0	9.0	1	0.5329988260445278,0.3997491195333957,0.26649941302226404,0.13324970651113194,0.9043032319808912,0.775117055983622,
agent 3	22.0	7.0	2	0.6459308799863521,0.5167447039890817,0.3875585279918113,0.25837235199454084

Table 4: Tuples απο agents κατασκευασμένους με δεδομένα απο το Cable Dataset

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε οτι υπάρχουν ελλείψεις σε αυτό το κομμάτι της εργασίας. Πιο συγκεκριμένα νομίζω υπάρχουν υποθέσεις που κάναμε για τα δεδομένα οι οποίες να μην είναι αρκετά πραγματικές. Επίσης τα δεδομένα μας δεν παρουσιάζουν το εύρος που θα επιθυμούσαμε, με αποτέλεσμα σε αυτή την φάση

το σύστημα μας να εξετάζει ένα υποσύνολο των πραγματικών περιπτώσεων που εξετάζονται στην εργασία που μελετάμε.

4.5 PHEV Results

Όπως και στο synthetic setting, έτσι και εδώ μετράμε τα units που κάηκαν και στις δύο παραλλαγές του μηχανισμού. Επιτρέψαμε την επιλογή κατά την υλοποίησή μας, να μπορούμε να ρυθμίσουμε αν οι agents έρχονται με την ίδια σειρά σε κάθε επανάληψη, ή αμα κάθε φορά να αλλάζει και ο τύπος των agents προσπαθώντας να δοκιμάσουμε σε ακραία σενάριο το σύστημα μας. Τα παρακάτω αποτελέσματα αφορούν το ακραίο σενάριο συνεχόμενης αλλαγής των τύπων των agent.

	mean	median	standard deviation
OD	0.3	0	0.624
IM	8.08	8.0	3.06

Table 5: OD και IM cancellations σε συνολικό δείγμα 100 επαναλήψεων, 60 agent σε High Supply.

Παρότι πιστεύουμε ότι σε αυτό το κομμάτι της εργασίας έχουμε ατέλειες στον τρόπο που δημιουργήσαμε το dataset, φαίνεται ότι η γενική συμπεριφορά σχετικά στα ίδια ποσοστά με το synthetic setup. Και σε αυτή την περίπτωση στο IM έχουμε μεγαλύτερο αριθμό «καμένων» units σε σχέση με το OD.

Γενικά όπως παρατηρήσαμε και στο low supply setting στο synthetic setup έτσι και εδώ, τα cancellation είναι πολύ λίγα και μερικές φορές δεν υπάρχουν καθόλου. Τέτοια συμπεριφορά παρατηρούν και οι συγγραφείς στην εργασίας τους, πράμα που νομίζω ότι είναι αρκετά λογικό.

5 Conclusions and Future Work

Σε γενικές γραμμές, βασικό κομμάτι της παρούσας εργασίας ήταν η υλοποίηση της πλατφόρμας του συστήματος καθώς και τον σχετικών αλγορίθμων του mechanism, σε συνδιασμό με την μέτρηση των cancellations. Τα αποτελέσματα γενικά εκτιμάω είναι αρκετά σημαντικά, καθώς προσωπικά μέχρι σήμερα δεν είχα κάποια πείρα σε υλοποίηση τέτοιων συστημάτων, παρα μόνο μια σχετικά θεωρητική εποπτεία της συγκεκριμένης επιστημονικής περιοχής.

Σε επίπεδο πειραμάτων, μελετήσαμε τα στατιστικά των cancellations και των δυο εκδοχών του μηχανισμού, και αποδείξαμε ότι στην περίπτωση IM cancellation, ο αριθμός των cancellation είναι μεγαλύτερος από ότι στην περίπτωση OD cancellation. Δείξαμε αυτό το αποτέλεσμα σε δύο συνολικά περιβάλλοντα, ένα εντελώς συνθετικό και ένα δημιουργημένο από πραγματικά δεδομένα ταξιδιών και φορτίσεων ηλεκτρικών αυτοκινήτων με προέλευση την Μεγάλη Βρετανία.

Σαν μελλοντική συνέχεια της παρούσας εργασίας θα μελετήσουμε το coordination των agents βάση ενός social network, προκειμένου να μειώσουμε τα συνολικά cancellations σε κάθε περίπτωση. Αξίζει να σημειώσουμε ότι το coordination και η προσαρμογή των ενεργειών των agents βάση αυτού θα πρέπει να γίνει με προσοχή, καθώς όπως αναφέραμε στην ενότητα 3 του συγκεκριμένου report, οι agents δεν μπορούν να δηλώσουν earlier arrival, later departure ή μεγαλύτερο consumption rate. Επομένως πιθανό coordination θα πρέπει να αλλάζει τις προτιμήσεις σε αργότερο arrival, earlier departure και μικρότερο consumption rate.

References

- [1] N. Nisan, T. Roughgarden, E. Tardos, and V.V. Vazirani. *Algorithmic Game Theory*. Cambridge University Press, September 2007.
- [2] Valentin Robu, Enrico H. Gerding, Sebastian Stein, David C. Parkes, Alex Rogers, and Nick R. Jennings. An online mechanism for multi-unit demand and its application to plug-in hybrid electric vehicle charging. *J. Artif. Intell. Res. (JAIR)*, 48:175–230, 2013.