



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
HAROKOPIO UNIVERSITY

**ΣΧΟΛΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ**

Κατασκευή Δείκτη Τιμών στο Υπολογιστικό Νέφος

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΣΟΚΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Αθήνα, Αύγουστος 2021



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗΣ

Τριμελής εξεταστική επιτροπή

Χ. Μιχαλακέλης

Επίκουρος Καθηγητής,

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Θ. Καμαλάκης

Αναπληρωτής Καθηγητής,

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Ε. Φιλιπούλου

Καθηγήτρια,

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεματικής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Ο Τσόκας Νικόλαος

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1)** Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

- 2)** Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

“The cloud services companies of all sizes; the cloud is for everyone. The cloud is a democracy.”

Marc Benioff, CEO of Salesforce

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ πολύ όλους τους καθηγητές και κάθε έναν ξεχωριστά.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ στην οικογένεια μου και τους φίλους μου που μου στάθηκαν όλα αυτά τα χρόνια και που σε όποια στιγμή τους χρειάστηκα ήταν δίπλα μου.

Ευχαριστώ όσους πίστεψαν και εξακολουθούν να πιστεύουν σε μένα.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη.....	6
Abstract.....	7
Πίνακας Εικόνων	10
Πίνακα Πινάκων	10
Κεφάλαιο 1 ^ο	11
1.1 Εισαγωγή.....	11
1.2 Ορισμός του υπολογιστικού νέφους κατά NIST.....	13
1.3 Τα βασικά χαρακτηριστικά του υπολογιστικού νέφους (σύμφωνα με το NIST)	14
1.4 Είδη Υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους.....	15
1.5 Μοντέλα ανάπτυξης του υπολογιστικού νέφους	17
Κεφάλαιο 2 ^ο	19
2.1 Ανάλυση Παλινδρόμησης.....	19
2.2 Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση (Simple Linear Regression).....	21
2.3 Ανάλυση Πολλαπλής Παλινδρόμησης (Multiple Regression Analysis)...	22
2.4 Ηδονική Παλινδρόμηση (Hedonic Regression).....	23
Κεφάλαιο 3 ^ο	25
3.1 Η τιμολόγηση στο υπολογιστικό νέφος.....	25
3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την τιμολόγηση.....	26
3.3 Απαιτήσεις για αποτελεσματική τιμολόγηση.....	26

3.4 Πτυχές των μοντέλων τιμολόγησης του υπολογιστικού νέφους	27
3.5 Μοντέλα Τιμολόγησης του υπολογιστικού νέφους.....	29
3.6 Μοντέλα Τιμολόγησης και τύποι προσφορών για IaaS υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους (pricing models and offering types).....	31
3.7 Ηδονική μέθοδος τιμολόγησης (Hedonic Pricing Method).....	32
Κεφάλαιο 4ο.....	33
Ηδονικός Δείκτης Τιμών (Hedonic Price Index).....	33
4.1 Δείκτης Τιμών (Price Index).....	33
4.2 Ηδονικός δείκτης τιμών.....	34
4.3 Οι πρώτοι δείκτες τιμών.....	35
4.4 Παράδειγμα χρήσης των ηδονικών συναρτήσεων για τον υπολογισμό της τιμής ενός υπολογιστή.....	36
4.5 Κατάλοιπα	38
4.6 Ηδονική Μέθοδος & Ηδονικοί Δείκτες	40
Κεφάλαιο 5 ^ο	42
5.1 Price bundling (ομαδοποίηση τιμών).....	42
9	
5.2 Ομαδοποίηση πόρων στο υπολογιστικό νέφος και προδιαγραφές (Cloud resources bundling and specifications).....	42
5.3 Προϊόντα τιμολόγησης στις IaaS υπηρεσίες.....	43
5.4 Κατασκευή δείκτη τιμών για την υπηρεσία υποδομής του υπολογιστικού νέφους	44
5.4.1 Clouddorado.....	44

5.4.2. Cloud IaaS providers.....	45
5.4.3 Υλοποίηση.....	46
6. Συμπεράσματα.....	48
Βιβλιογραφία	49

Περίληψη

Το υπολογιστικό νέφος (cloud computing) είναι η διάθεση υπολογιστικών πόρων μέσω διαδικτύου (π.χ. servers, apps κλπ), από κεντρικά συστήματα που βρίσκονται απομακρυσμένα από τον τελικό χρήστη, τα οποία τον εξυπηρετούν αυτοματοποιώντας διαδικασίες, παρέχοντας ευκολίες και ευελιξία σύνδεσης. Η Υποδομή ως Υπηρεσία (Infrastructure as a Service, IaaS), είναι η υπηρεσία του υπολογιστικού νέφους η οποία περιλαμβάνει τον έλεγχο των θεμελιωδών υπολογιστικών πόρων και αναμένεται να είναι το ταχύτερα αναπτυσσόμενο μοντέλο των δημόσιων υπολογιστικών νεφών. Λόγω της ύπαρξης πολλών IaaS παρόχων του νέφους, υπάρχει αυξημένος ανταγωνισμός μεταξύ των cloud εταιρειών που αναπτύσσουν διαφορετικά μοντέλα τιμολόγησης προκειμένου να ανταποκριθούν στη ζήτηση της αγοράς. Έτσι η τιμή θεωρείται ότι είναι μια πολυδιάστατη συνάρτηση όπου μερικά από τα χαρακτηριστικά της υπηρεσίας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι η κατασκευή ενός δείκτη τιμών για το μοντέλο IaaS χρησιμοποιώντας δεδομένα από ένα ευρύ φάσμα παρόχων του υπολογιστικού νέφους. Η ηδονική μέθοδος τιμολόγησης χρησιμοποιείται για να αποσυνθέσει τις υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους στα συστατικά χαρακτηριστικά τους και τελικά να ληφθούν οι εκτιμήσεις της συνεισφοράς της αξίας του κάθε πόρου. Η αξιολόγηση της μεθόδου βασίζεται στο γραμμικό ηδονικό μοντέλο και σε ένα μεγάλο αριθμό πακέτων (bundles) των τιμών. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το μέγεθος της μνήμης RAM, η ισχύς της CPU και η συνδρομή είναι μεταξύ των σημαντικότερων παραγόντων που διαμορφώνουν την IaaS τιμολόγηση.

Λέξεις Κλειδιά: Cloud Computing, Infrastructure-as-a-Service, Pricing models, Hedonic Price Indices

Abstract

Cloud computing is the provision of computing resources via the Internet (eg servers, applications, etc.), from central systems located at a distance from the end user, which serve to automate processes, providing convenience and flexibility of connection. Infrastructure as a Service (IaaS), which includes control of fundamental computing resources, is expected to be the fastest growing model of public cloud computing. Due to the existence of several IaaS cloud providers, there is increased competition among cloud companies that they develop different pricing models in order to meet the market demand. As a result, price is considered to be a multidimensional function, where some of the service's characteristics should be taken into account.

The aim of this thesis is the construction of a price index for the IaaS model using data from a wide range of cloud providers. The hedonic pricing method is used to decompose these cloud computing services into their constituent characteristics and finally obtain estimates of the contributory value of each resource. The evaluation of the method is based on the linear hedonic model and a large number of price bundles. The results indicate that RAM size, CPU power and subscription are among the most important factors that shape IaaS pricing.

Keywords: Cloud Computing, Infrastructure-as-a-Service, Pricing models, Hedonic Price Indices

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Το σύννεφο χρησιμοποιείται στα διαγράμματα δικτύου για να απεικονίσει το internet	11
Εικόνα 2: Απεικόνιση ορισμού NIST για την αρχιτεκτονική του Cloud Computing.....	14
Εικόνα 3: Είδη υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους	17
Εικόνα 4: Μοντέλα ανάπτυξης του υπολογιστικού νέφους	18
Εικόνα 5: Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης	21
Εικόνα 6: Aspects of cloud computing pricing models	28
Εικόνα 7: Classification of pricing models and cloud server offering types	34
Εικόνα 8: Διάγραμμα ηδονικής συνάρτησης υπολογιστή με μόνο χαρακτηριστικό την ταχύτητα	32
Εικόνα 9: Comparing the residuals of ‘good’ and ‘bad’ regression models	36

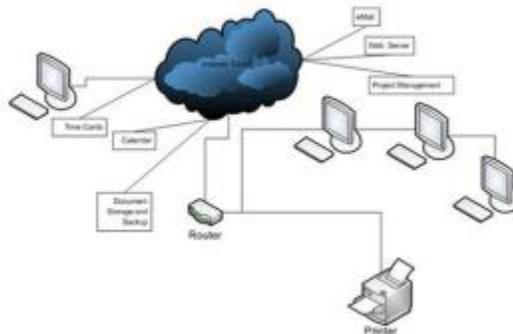
Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1: Cloud IaaS Providers	45
Πίνακας 2: IaaS characteristics	46
Πίνακας 3: Αποτελέσματα της ηδονικής μεθόδου τιμολόγησης	47

Κεφάλαιο 1^ο

1.1 Εισαγωγή

Το cloud computing ή αλλιώς υπολογιστικό νέφος ή σύννεφο πήρε το όνομα του ως μεταφορά για το διαδίκτυο. Συνήθως το διαδίκτυο παρουσιάζεται στα διαγράμματα δικτύου σαν σύννεφο, Εικόνα 1. Με το σκίτσο του σύννεφου συνήθως προσπαθούμε να περιγράψουμε ένα απομακρυσμένο σύνολο αξιόπιστων υπηρεσιών στο οποίο και στηριζόμαστε, χωρίς όμως να μας ενδιαφέρει το πώς λειτουργεί στο εσωτερικό του. Η εικόνα του σύννεφου αντιπροσωπεύει όλα τα υπόλοιπα που χρειάζονται για να δουλέψει το δίκτυο.



Εικόνα 1: Το σύννεφο χρησιμοποιείται στα διαγράμματα δικτύου για να απεικονίσει το internet.

Πηγή: <http://www.executivebrief.com/saas-cloud/project-managers-heads-cloud/>

Το υπολογιστικό νέφος ή απλά νέφος (cloud computing) είναι η αποθήκευση, η επεξεργασία και η χρήση δεδομένων από απομακρυσμένους υπολογιστές στους οποίους εξασφαλίζεται πρόσβαση μέσω του διαδικτύου. Προσφέρει μεγάλη ευελιξία και παραμετροποίηση των πόρων και των υπηρεσιών, τέτοια ώστε να μπορούν να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των οικιακών χρηστών αλλά και των μεγάλων εταιριών. Στόχος του cloud computing είναι η βέλτιστη χρησιμοποίηση των διαμοιραζόμενων πόρων καθώς οι πόροι εκτός του ότι

μοιράζονται μεταξύ των χρηστών ανακατανέμονται δυναμικά ανάλογα με την ζήτηση. Πολλοί άνθρωποι χρησιμοποιούν σήμερα το υπολογιστικό νέφος δίχως καν να το συνειδητοποιούν. Υπηρεσίες όπως το διαδικτυακό ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή τα κοινωνικά δίκτυα συχνά βασίζονται στην τεχνολογία του υπολογιστικού νέφους. Για τους επαγγελματίες χρήστες της τεχνολογίας των πληροφοριών το υπολογιστικός νέφος σημαίνει μεγάλη ευελιξία όσον αφορά τις ανάγκες υπολογιστικής ισχύος. Για παράδειγμα όποτε διαπιστώνεται αυξημένη χρήση μιας υπηρεσίας, μέσω του υπολογιστικού νέφους είναι πολύ απλό να προστεθεί επιπλέον δυναμικό σε αυτή, κάτι για το οποίο θα απαιτείτο πολύ περισσότερος χρόνος εάν μια εταιρία υποχρεωνόταν να εγκαταστήσει νέες μηχανές στο δικό της κέντρο δεδομένων [1]. Το υπολογιστικό νέφος παρέχει αρκετά δυνατά χαρακτηριστικά που το καθιστούν ελκυστικό για τους ιδιοκτήτες επιχειρήσεων και όχι μόνο [12]. Κάποια από αυτά είναι:

— Καμία αρχική επένδυση (No up-front investment): Το υπολογιστικό νέφος χρησιμοποιεί το μοντέλο τιμολόγησης “πλήρωνε όσο καταναλώνεις” (pay as you go). Ένας πάροχος υπηρεσιών του νέφους δεν χρειάζεται να επενδύσει σε υποδομή για να αρχίσει να επωφελείται από αυτό. Νοικιάζει απλά τους πόρους από το νέφος σύμφωνα με τις ανάγκες του και πληρώνει για αυτή την χρήση.

— Μείωση του λειτουργικού κόστους (Lowering operating cost): Οι πόροι σε ένα περιβάλλον νέφους μπορούν να διανεμηθούν γρήγορα και να αποδεσμευθούν μετά κατ’ απαίτηση. Ως εκ τούτου, ο πάροχος δεν χρειάζεται να παρέχει χωρητικότητα σύμφωνα με το μέγιστο φορτίο. Αυτό προσφέρει τεράστιες αποταμιεύσεις διότι οι πόροι μπορούν να αποδεσμευτούν για να γλιτώσουν σε λειτουργικές δαπάνες όταν η ζήτηση υπηρεσιών είναι χαμηλή.

— Υψηλή επεκτασιμότητα (Highly scalable): Οι πάροχοι υποδομής συγκεντρώνουν μεγάλο ποσό πόρων από τα κέντρα δεδομένων και τους καθιστούν προσβάσιμους. Ένας πάροχος υπηρεσιών μπορεί εύκολα να επεκτείνει την υπηρεσία του σε μεγάλες κλίμακες προκειμένου να

διαχειριστεί γρήγορη αύξηση στις απαιτήσεις των υπηρεσιών.

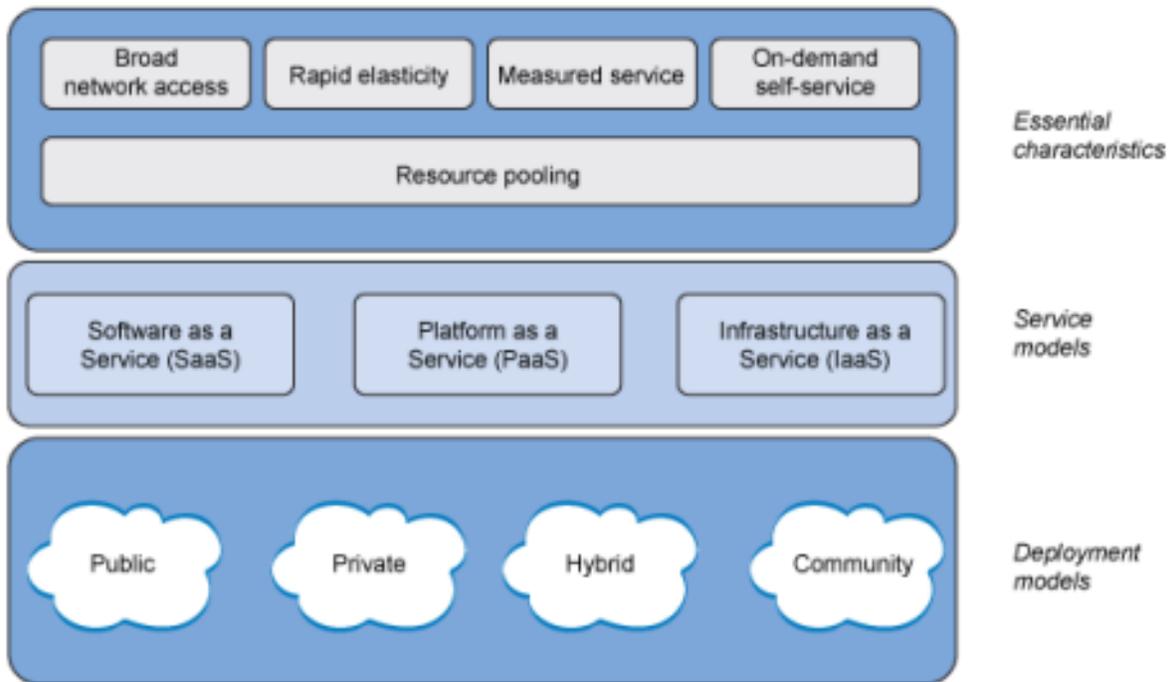
— Εύκολη πρόσβαση (Easy access) : Οι υπηρεσίες που φιλοξενούνται στο νέφος είναι γενικά βασισμένες στο web (web-based). Έτσι είναι προσβάσιμες μέσα από μία ποικιλία συσκευών με σύνδεση στο διαδίκτυο. Αυτές οι συσκευές δεν περιλαμβάνουν μόνο σταθερούς και φορητούς υπολογιστές αλλά και κινητά τηλέφωνα και PDAs.

— Μείωση των επιχειρησιακών κινδύνων και των εξόδων συντήρησης (Reducing business risks and maintenance expenses): Με την μεταφορά της υποδομής των υπηρεσιών στα νέφη, ένας φορέας παροχής υπηρεσιών μετατοπίζει τα επιχειρησιακά ρίσκα (όπως οι αποτυχιές υλικού) στους παρόχους υποδομής, οι οποίοι έχουν συχνά καλύτερη πείρα και είναι καλύτερα

εξοπλισμένοι για την διαχείριση τέτοιων κινδύνων. Επιπλέον, ένας φορέας παροχής υπηρεσιών μπορεί να περικόψει τη συντήρηση υλικού και το κόστος εκπαίδευσης του προσωπικού.

1.2 Ορισμός του υπολογιστικού νέφους κατά NIST

Το Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποιήσεων και Τεχνολογίας (NIST- National Institute of Standards and Technology) περιγράφει το Cloud Computing ως εξής: «Υπολογιστικό Νέφος ονομάζεται η κατ' αίτηση διαδικτυακή κεντρική διάθεση υπολογιστικών πόρων (όπως δίκτυο, εξυπηρετητές, εφαρμογές και υπηρεσίες) η οποία μπορεί να τροφοδοτηθεί γρήγορα και να διατεθεί με ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης ή αλληλεπίδρασης με τον πάροχο της υπηρεσίας». Το NIST ορίζει την αρχιτεκτονική του Cloud Computing περιγράφοντας πέντε ουσιώδη χαρακτηριστικά, τρία μοντέλα υπηρεσίας νέφους και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης νέφους [2],[3]. (Εικόνα 2)



Εικόνα 2: Απεικόνιση ορισμού NIST για την αρχιτεκτονική του Cloud Computing. Πηγή: <http://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-extenddevtcloudbigdata/>

1.3 Τα βασικά χαρακτηριστικά του υπολογιστικού νέφους (σύμφωνα με το NIST)

1. On-demand self-service (Αυτό-εξυπηρέτηση κατά απαίτηση)

Ένας χρήστης μπορεί ανεξάρτητα και μονομερώς να έχει πρόσβαση σε υπολογιστικές υπηρεσίες, όπως συνδεσιμότητα με ένα δίκτυο, αποθήκευση κατά τρόπο αυτόματο, χωρίς να απαιτείται ή ανθρώπινη παρέμβαση από τους παρόχους της κάθε υπηρεσίας.

2. Broad network access (Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο)

Οι δυνατότητες είναι διαθέσιμες μέσω του δικτύου και προσβάσιμες μέσω συγκεκριμένων μηχανισμών οι οποίοι προωθούν την χρήση από ετερογενείς thin ή thick client πλατφόρμες (πχ. κινητά τηλέφωνα, tablets, laptops, workstations).

3. Resource pooling (Διάθεση πόρων)

Οι υπολογιστικοί πόροι του παρόχου χρησιμοποιούνται για να εξυπηρετήσουν πολλαπλούς καταναλωτές με την χρήση του multi-tenant μοντέλου, με τους διάφορους φυσικούς και εικονικούς πόρους να ανατίθενται δυναμικά και εκ νέου σύμφωνα με την ζήτηση των καταναλωτών. Υπάρχει μία αίσθηση ανεξαρτησίας από τον τόπο, όπου ο πελάτης δεν έχει γενικά κανέναν έλεγχο ή γνώση σχετικά με την ακριβή τοποθεσία των παρεχόμενων πόρων, αλλά μπορεί να προσδιορίζει την τοποθεσία σε ένα υψηλότερο επίπεδο αφαίρεσης (π.χ. χώρα, κράτος ή datacenter). Παραδείγματα πόρων αποτελούν ή αποθήκευση, η επεξεργασία, η μνήμη και το εύρος ζώνης του δικτύου.

4. Rapid elasticity (Ταχεία ελαστικότητα)

Οι παρεχόμενες υπολογιστικές δυνατότητες μπορούν να προσφέρονται με ταχύτητα και ελαστικότητα και σε κάποιες περιπτώσεις αυτόματα έτσι ώστε να εμφανίζονται σαν διαθέσιμες ή μη ανάλογα με την ζήτηση. Στον καταναλωτή οι διαθέσιμες παρεχόμενες δυνατότητες συχνά φαίνονται να είναι απεριόριστες και μπορούν να προσφερθούν σε οποιαδήποτε ποσότητα ανά πάσα στιγμή.

5. Measured service (Μετρούμενη υπηρεσία)

Τα cloud συστήματα ελέγχουν και βελτιστοποιούν αυτόματα την χρήση των πόρων αξιοποιώντας μια δυνατότητα μέτρησης σε κάποιο επίπεδο αφαίρεσης που είναι κατάλληλο για τον τύπο της υπηρεσίας (π.χ. αποθήκευση, επεξεργασία, εύρος ζώνης, ενεργοί λογαριασμοί χρηστών). Η χρήση των πόρων μπορεί να παρακολουθείται, να ελέγχεται, να γίνεται αντικείμενο αναφοράς παρέχοντας διαφάνεια για τον πάροχο αλλά και τον χρήστη της παρεχόμενης υπηρεσίας.

1.4 Είδη Υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους

Τα είδη υπηρεσιών του Cloud Computing, είναι το Software as a Service, το Platform as a Service και το Infrastructure as a Service. Το κάθε ένα από αυτά προσφέρει διαφορετικές υπηρεσίες. Εικόνα 3

1. Λογισμικό νέφους ως υπηρεσία - Software as a Service (SaaS)

Η δυνατότητα που δίνεται στον καταναλωτή να χρησιμοποιεί τις εφαρμογές του παρόχου οι οποίες τρέχουν σε μία cloud δομή. Οι εφαρμογές είναι προσβάσιμες από διάφορες client συσκευές μέσω μίας thin – client διεπαφής, όπως ένα πρόγραμμα περιήγησης στο διαδίκτυο (π.χ. Web-based, email). Ο καταναλωτής δεν διαχειρίζεται ή ελέγχει την χρησιμοποιούμενη cloudυποδομή όπως δίκτυο, διακομιστές, λειτουργικά συστήματα, αποθήκευση ή ακόμη και μεμονωμένες δυνατότητες της εφαρμογής, με πιθανή εξαίρεση περιορισμένες ρυθμίσεις παραμετροποίησης των εφαρμογών.

2. Πλατφόρμα νέφους ως υπηρεσία - Platform as a Service (PaaS)

Η δυνατότητα που παρέχεται στον καταναλωτή να αναπτύσσει πάνω στην cloud υποδομή εφαρμογές που έχει δημιουργήσει ή εφαρμογές που έχει αποκτήσει, οι οποίες δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού, βιβλιοθήκες, υπηρεσίες και εργαλεία τα οποία παρέχονται από τον πάροχο. Ο καταναλωτής δεν διαχειρίζεται ούτε ελέγχει την σχετική cloud υποδομή που περιλαμβάνει δίκτυο, διακομιστές, λειτουργικά συστήματα ή αποθήκευση αλλά ελέγχει τις εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί και ίσως τις παραμετροποιημένες ρυθμίσεις του περιβάλλοντος φιλοξενίας των εφαρμογών.

3. Υποδομή νέφους ως υπηρεσία - Infrastructure as a Service (IaaS)

Η δυνατότητα που παρέχεται στον καταναλωτή να μπορεί να δεσμεύσει προς χρήση επεξεργαστική ισχύ, αποθηκευτικά μέσα, δίκτυα και άλλους βασικούς υπολογιστικούς πόρους, όπου εκεί ο καταναλωτής είναι ικανός να αναπτύξει και να εκτελέσει αυθαίρετο λογισμικό, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές. Ο καταναλωτής δεν διαχειρίζεται ούτε ελέγχει την χρησιμοποιούμενη cloud υποδομή αλλά έχει τον έλεγχο των λειτουργικών συστημάτων, των αποθηκευτικών μέσων των αναπτυγμένων εφαρμογών και πιθανόν περιορισμένο έλεγχο επιλεγμένων χαρακτηριστικών της δικτύωσης (π.χ. firewalls).



Εικόνα 3: Είδη υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους.

Πηγή: <https://www.linkedin.com/pulse/20140907071547-305726885-iaas-pass-saas-thecloud-101>

1.4 Μοντέλα ανάπτυξης του υπολογιστικού νέφους

Ανεξάρτητα από την υπηρεσία που χρησιμοποιείται (SaaS, PaaS, ή IaaS) υπάρχουν τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης για τις υπηρεσίες του cloud, με παράγωγο παραλλαγές που καλύπτουν συγκεκριμένες απαιτήσεις:

1. Ιδιωτικό υπολογιστικό νέφος (Private Cloud)

Η υποδομή του υπολογιστικού νέφους χρησιμοποιείται αποκλειστικά από έναν μόνο οργανισμό ο οποίος περιλαμβάνει πολλούς καταναλωτές. Μπορεί να ανήκει, να διοικείται και να λειτουργεί από τον ίδιο τον οργανισμό, από έναν τρίτο οργανισμό ή κάποιον συνδυασμό αυτών και τέλος μπορεί να βρίσκεται εντός ή εκτός της περιοχής του οργανισμού.

2. Κοινοτικό υπολογιστικό νέφος (Community cloud)

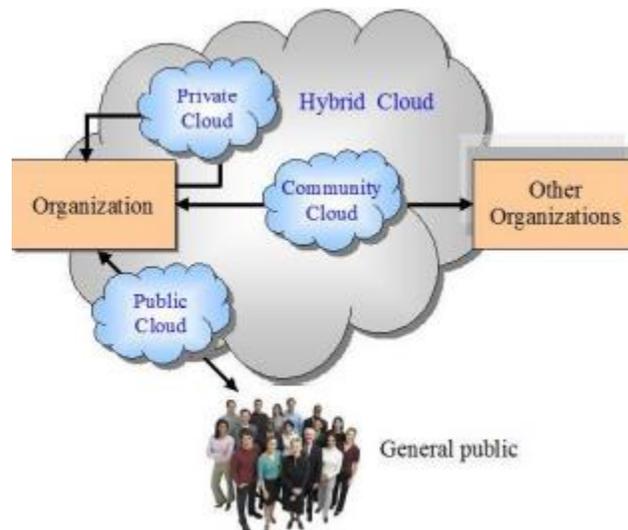
Η υποδομή του cloud προσφέρεται για αποκλειστική χρήση σε μια συγκεκριμένη κοινότητα καταναλωτών από οργανισμούς οι οποίοι έχουν κοινά ενδιαφέροντα (π.χ. πολιτική, απαιτήσεις ασφάλειας). Μπορεί να ανήκει και να διαχειρίζεται από έναν ή περισσότερους οργανισμούς της κοινότητας, από έναν τρίτο οργανισμό ή συνδυασμό αυτών. Μπορεί να βρίσκεται εντός ή εκτός της περιοχής του οργανισμού.

3. Δημόσιο υπολογιστικό νέφος (Public cloud)

Η υποδομή του υπολογιστικού νέφους είναι διαθέσιμη στο ευρύ κοινό. Μπορεί να ανήκει και να διαχειρίζεται από έναν οικονομικό, ακαδημαϊκό ή κυβερνητικό οργανισμό ή κάποιο συνδυασμό αυτών. Βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του cloud παρόχου.

4. Υβριδικό υπολογιστικό νέφος (Hybrid cloud)

Η υποδομή αυτού του νέφους είναι μία σύνθεση δύο ή περισσότερων υπολογιστικών νεφών (private, community ή public), οι οποίες παραμένουν ως μοναδικές οντότητες αλλά συνδέονται μεταξύ τους με τυποποιημένη ή αποκλειστική τεχνολογία που επιτρέπει την φορητότητα δεδομένων και εφαρμογών (π.χ. cloud bursting, μία εφαρμογή τρέχει σε ιδιωτικό νέφος ή σε ένα data center αλλά μεταφέρεται σε δημόσιο νέφος όταν η ζήτηση για υπολογιστική δύναμη αυξάνεται απότομα) [4].



Εικόνα 4: Μοντέλα ανάπτυξης του υπολογιστικού νέφους.

Πηγή: <http://www.jmir.org/2011/3/e67/>

Κεφάλαιο 2ο

2.1 Ανάλυση Παλινδρόμησης

Η ανάλυση της παλινδρόμησης είναι μια στατιστική διαδικασία που εξετάζει την σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών με απώτερο στόχο την πρόβλεψη μιας απ' αυτές μέσω των άλλων. Περιλαμβάνει πολλές τεχνικές για τη μοντελοποίηση και ανάλυση διαφόρων μεταβλητών όταν μιλάμε για την σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής με μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές [13],[20]. Η ανάλυση παλινδρόμησης μας βοηθά να κατανοήσουμε την μεταβολή της εξαρτημένης μεταβλητής Y όταν μεταβάλλεται μία από τις ανεξάρτητες μεταβλητές X ενώ οι άλλες ανεξάρτητες μεταβλητές παραμένουν σταθερές. Συνήθως, επιδιώκεται να εξακριβωθεί η αιτιώδης επίδραση μιας μεταβλητής επάνω σε μια άλλη. Για παράδειγμα, η επίδραση της αύξησης τιμών των προϊόντων με την προσφορά και την ζήτηση, η επίδραση της παροχής χρημάτων στο ρυθμό πληθωρισμού. Για τέτοια ζητήματα συγκεντρώνονται τα δεδομένα που αφορούν τις μεταβλητές ενδιαφέροντος και υιοθετείται η παλινδρόμηση για να υπολογίσει την ποσοτική επίδραση των μεταβλητών επάνω στη μεταβλητή που επηρεάζουν. Αξιολογείται επίσης η "στατιστική σημασία" των κατ' εκτίμηση συσχετίσεων, δηλαδή ο βαθμός εμπιστοσύνης (confidence) ότι η αληθινή συσχέτιση είναι κοντά στην κατ' εκτίμηση. Η ανάλυση παλινδρόμησης για πρόβλεψη και πρόγνωση έχει ουσιαστική επικάλυψη με τον τομέα της μηχανικής μάθησης.

Η απόδοση των μεθόδων ανάλυσης παλινδρόμησης στην πράξη εξαρτάται από τη μορφή της διαδικασίας παραγωγής δεδομένων και πως σχετίζεται με την προσέγγιση παλινδρόμησης που χρησιμοποιείται. Η παλινδρόμηση προϋποθέτει ότι τα σχετικά δεδομένα ταιριάζουν με μερικά γνωστά είδη συνάρτησης και μετά καθορίζει την καλύτερη συνάρτηση αυτού του είδους που μοντελοποιεί τα δεδομένα που έχουν δοθεί. Αποτέλεσμα της παλινδρόμησης όταν χρησιμοποιείται ως τεχνική εξόρυξης δεδομένων, αποτελεί ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται αργότερα για να προβλέψει τις τιμές της κατηγορίας για τα νέα δεδομένα. Τέτοια παραδείγματα εφαρμογής της παλινδρόμησης αποτελεί η πρόβλεψη της ζήτησης για ένα νέο προϊόν ή υπηρεσία συναρτήσει των δαπανών διαφήμισης ή ο υπολογισμός της ταχύτητας του ανέμου σε σχέση με την θερμοκρασία, την υγρασία και την ατμοσφαιρική πίεση του περιβάλλοντος.

Τα μοντέλα της παλινδρόμησης περιλαμβάνουν τις ακόλουθες μεταβλητές:

- Οι άγνωστες παράμετροι συσχέτισης που δηλώνονται ως β (διάνυσμα).
- Οι ανεξάρτητες μεταβλητές X (διάνυσμα).
- Η εξαρτημένη μεταβλητή Y .

Ένα μοντέλο παλινδρόμησης συσχετίζει το Y σε μια συνάρτηση παλινδρόμησης των X και β .

$$Y \approx f(X, \beta) \quad (2.1)$$

$$\text{Ο συνηθισμένος τύπος είναι } E(Y|X) = f(X, \beta). \quad (2.2)$$

Για να εκτελεστεί η ανάλυση της παλινδρόμησης, ο τύπος της συνάρτησης f πρέπει να είναι καθορισμένος. Μερικές φορές ο τύπος της συνάρτησης βασίζεται στην γνώση για την σχέση μεταξύ των Y , X και όχι στα δεδομένα. Αν δεν υπάρχει η γνώση επιλέγεται ένας πρακτικός τύπος για την f . Η ανάλυση παλινδρόμησης είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο στατιστικό εργαλείο που χρησιμοποιείται από την διοίκηση επιχειρήσεων όταν υπάρχει ανάγκη να αξιολογηθεί ο αντίκτυπος μίας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών σε μία εξαρτημένη μεταβλητή.

Η ανάλυση παλινδρόμησης, βοηθάει τον ειδικό στις προβλέψεις, στο να χαρακτηρίσει τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών. Ο ειδικός στις προβλέψεις μπορεί να καθορίσει και τη σημασία και την κατεύθυνση της σχέσης μεταξύ των μεταβλητών [15]. Η ανάλυση παλινδρόμησης εκτός από το ότι προβλέπει τις μελλοντικές τάσεις, έχει επίσης την ικανότητα να βοηθάει στην αξιολόγηση και τον έλεγχο του παρόντος. Επειδή η προσαρμοσμένη εξίσωση παλινδρόμησης παρέχει πληροφορίες δύναμης και κατεύθυνσης, η διεύθυνση μπορεί να αξιολογήσει και να αλλάξει τωρινές στρατηγικές.

Εν κατακλείδι, η ανάλυση παλινδρόμησης παρέχει ένα ισχυρό εργαλείο για τη μελέτη των σχέσεων μεταξύ μία εξαρτημένης μεταβλητής και πολλαπλών ανεξάρτητων μεταβλητών. Ο στόχος είναι η καλύτερη κατανόηση και ίσως ο έλεγχος των τωρινών γεγονότων καθώς και η καλύτερη πρόβλεψη μελλοντικών γεγονότων.

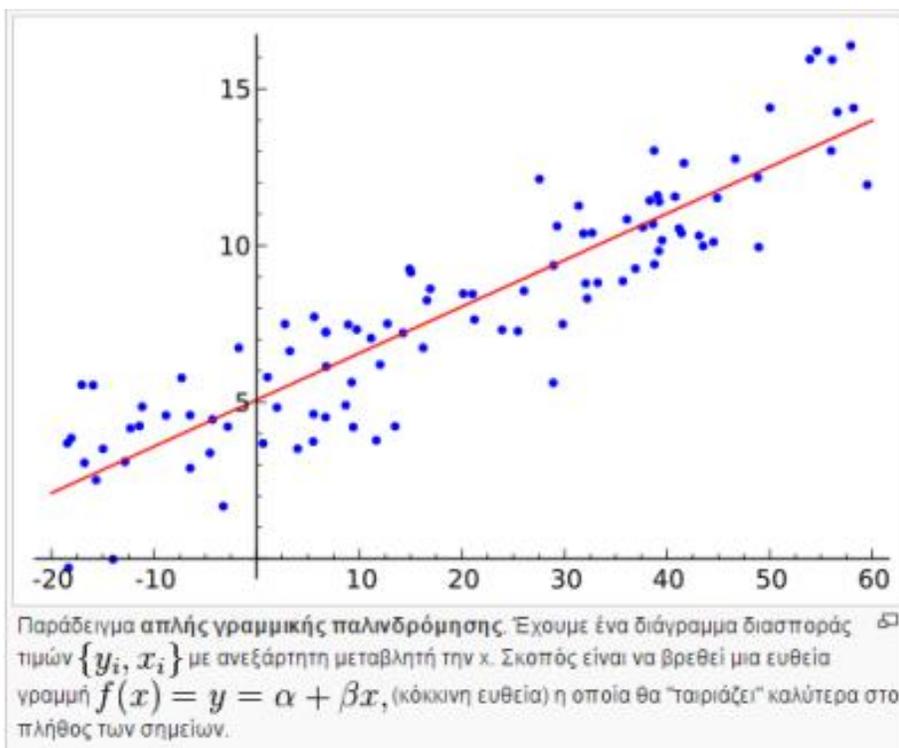
2.2 Απλή Γραμμική Παλινδρόμηση (Simple Linear Regression)

Η απλούστερη περίπτωση παλινδρόμησης είναι η απλή γραμμική παλινδρόμηση κατά την οποία υπάρχει μόνο μια ανεξάρτητη μεταβλητή X και η εξαρτημένη μεταβλητή Y , η οποία μπορεί να προσεγγιστεί ικανοποιητικά από μία γραμμική συνάρτηση του X . Η παλινδρόμηση στην οποία υπάρχει μόνο μία ανεξάρτητη μεταβλητή καλείται απλή παλινδρόμηση.

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση έχουμε τον τύπο:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

όπου Y_i η εξαρτημένη μεταβλητή, X_i η ανεξάρτητη μεταβλητή και β_0 , β_1 είναι δύο άγνωστες σταθερές (καλούνται και τεταγμένη ή intercept και κλίση ή slope αντίστοιχα), ενώ οι ε_1 , ε_2 , ..., ε_n είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές που ακολουθούν κανονική κατανομή και συνήθως καλούνται σφάλματα μετρήσεων [14]. Μπορεί να θεωρηθεί ότι τα σφάλματα ε_1 , ε_2 , ..., ε_n εμπεριέχουν όλους τους άλλους παράγοντες (εκτός της X) που επηρεάζουν την τιμή της μεταβλητής Y .



Εικόνα 5: Διάγραμμα γραμμικής παλινδρόμησης. Πηγή: <http://el.wikipedia.org/>

2.3 Ανάλυση Πολλαπλής Παλινδρόμησης (Multiple Regression Analysis)

Στην απλή γραμμική παλινδρόμηση ερευνάται η σχέση μεταξύ μίας μόνο ανεξάρτητης μεταβλητής και μίας εξαρτημένης μεταβλητής. Η σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών συχνά επιτρέπει σε κάποιον να προβλέψει με ακρίβεια την εξαρτημένη μεταβλητή όταν έχει γνώση της ανεξάρτητης. Δυστυχώς πολλές πραγματικές καταστάσεις πρόβλεψης δεν είναι τόσο απλές. Περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές είναι συχνά απαραίτητες έτσι ώστε να προβλέψει κανείς την εξαρτημένη μεταβλητή με ακρίβεια. Τα μοντέλα παλινδρόμησης με περισσότερες από μία ανεξάρτητες μεταβλητές ονομάζονται μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης [15][13]. Η πολλαπλή παλινδρόμηση επομένως περιλαμβάνει τη χρήση περισσότερων από μίας ανεξάρτητων μεταβλητών X_1, X_2, \dots, X_k , για την πρόβλεψη μίας εξαρτημένης μεταβλητής Y και υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (2.4)$$

όπου:

1. Για κάθε i παρατήρηση, $Y=Y_i$ και τα X_1, X_2, \dots, X_k αντιστοιχούν στα $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}$
2. Τα ε_i είναι συντελεστές σφάλματος που αντιπροσωπεύουν τις αποκλίσεις της απάντησης από την αληθινή σχέση. Είναι μη παρατηρημένες τυχαίες μεταβλητές που υπολογίζουν άλλους παράγοντες που έχουν επίδραση στην απάντηση. Τα σφάλματα υποτίθεται ότι είναι ανεξάρτητα και το κάθε ένα είναι κανονικά κατανομημένο με μέσο 0 και άγνωστη τυπική απόκλιση σ .
3. Οι συντελεστές παλινδρόμησης, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ που μαζί τοποθετούν τη συνάρτηση παλινδρόμησης είναι άγνωστοι.

Αν κάποιος έχει στη διάθεσή του τα δεδομένα, μπορεί να υπολογίσει τους συντελεστές παλινδρόμησης χρησιμοποιώντας την αρχή των ελαχίστων τετραγώνων.

Οι υπολογισμοί στην ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης συνήθως γίνονται με τη χρήση προγραμμάτων όπως το Minitab και το Excel.

2.4 Ηδονική Παλινδρόμηση (Hedonic Regression)

Στα οικονομικά η ηδονική παλινδρόμηση ή η θεωρία της ηδονικής ζήτησης είναι μια αποκαλυπτική, προτιμητέα μέθοδος για την εκτίμηση της ζήτησης ή της αξίας. Αποσυνθέτει το προϊόν στα χαρακτηριστικά που το απαρτίζουν και εκτιμά την συμβάλλουσα αξία του κάθε χαρακτηριστικού. Τα ηδονικά μοντέλα συνήθως εκτιμώνται χρησιμοποιώντας την ανάλυση της παλινδρόμησης αν και πιο γενικευμένα μοντέλα, όπως τα δίκτυα προσαρμογής των πωλήσεων είναι ειδικές περιπτώσεις των ηδονικών μοντέλων [20].

Η εφαρμογή των ηδονικών μεθόδων χρονολογείται στο πρώτο μισό του περασμένου αιώνα, όταν εφαρμόστηκε στις ΗΠΑ για τον υπολογισμό των τιμών ενοικίασης, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των δωματίων και άλλες ανέσεις. Από τότε η τεχνική έχει αναπτυχθεί και

τώρα χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες για να υπολογίσει το κόστος που συνδέεται με την μεταβολή ποιότητας στους δείκτες τιμών. Το όνομα έχει τις ρίζες του στην υπόθεση ότι οι ηδονικοί δείκτες μετρούν την χρησιμότητα του καταναλωτή, δηλαδή την τιμή και την ευχαρίστηση στο χρήστη [23]. Η μέθοδος υπολογισμού που χρησιμοποιείται στις ηδονικές παλινδρομήσεις είναι ένα σύνολο απλών ελαχίστων τετραγώνων παλινδρομήσεων που συσχετίζουν την τιμή ενός στοιχείου με τα μετρήσιμα χαρακτηριστικά του. Για τους υπολογιστές π.χ. τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να περιλαμβάνουν την ταχύτητα του επεξεργαστή, το μέγεθος του σκληρού δίσκου και την ποσότητα της μνήμης. Ένα χαρακτηριστικό διάνυσμα, το οποίο μπορεί να είναι μια "ψευδομεταβλητή¹" ή ένας μεταβλητός πίνακας αντιστοιχεί σε κάθε χαρακτηριστικό ή σε μια ομάδα χαρακτηριστικών. Τα ηδονικά μοντέλα μπορούν να εξυπηρετήσουν μη-γραμμικότητα, μεταβλητή αλληλεπίδρασης ή άλλες περίπλοκες καταστάσεις αποτίμησης. Χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την εκτίμηση των ακινήτων, στα οικονομικά των ακινήτων και στους υπολογισμούς του Δείκτη Τιμών του Καταναλωτή (ΔΤΚ). Στους υπολογισμούς του ΔΤΚ η ηδονική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της επίδρασης των μεταβολών στην ποιότητα των προϊόντων. Οι μεταβολές των τιμών που οφείλονται σε φαινόμενα υποκατάστασης υπόκεινται σε ηδονικές προσαρμογές της ποιότητας. Η μέθοδος έχει δύο κύριες λειτουργίες εφαρμογής: την έμμεση μέθοδο και την προσέγγιση ψευδομεταβλητής του χρόνου.

1 Ψευδομεταβλητές (dummy or indicator variables) χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τις σχέσεις μεταξύ ποιοτικών ανεξάρτητων μεταβλητών και μίας εξαρτημένης μεταβλητής. Λαμβάνουν την τιμή 0 ή 1 για να δείξουν την απουσία ή παρουσία κάποιου κατηγορηματικού αποτελέσματος που μπορεί να αναμένεται να μετατοπίσει το αποτέλεσμα [20]

Η μέθοδος ψευδομεταβλητής χρόνου συγκεντρώνει όλα τα διαθέσιμα δεδομένα ενός αγαθού σε διάφορες χρονικές περιόδους, εφαρμόζει ένα μοντέλο παλινδρόμησης και χρησιμοποιεί τους συντελεστές για τις μεταβλητές που σχετίζονται με το χρόνο ως άμεσο μέτρο του δείκτη τιμών. Αυτό απεικονίζεται στην εξίσωση (2.4).

$$\text{Price} = \alpha + \Sigma \gamma \beta_i + \delta_1 t_1 + \delta_2 t_2 + \epsilon \quad (2.4)$$

Οι συντελεστές β αντιπροσωπεύουν το κόστος των χαρακτηριστικών του αγαθού (στην περίπτωση των υπολογιστών περιλαμβάνει τον επεξεργαστή, την μνήμη και τον σκληρό δίσκο). Οι δ συντελεστές δείχνουν τον δείκτη τιμών για τις χρονικές περιόδους 1 και 2 και αυτά θα είναι τα αριθμητικά στοιχεία που δημοσιεύονται σε οποιοδήποτε δείκτη. Η παραπάνω προσέγγιση ευνοείται από πολλούς ακαδημαϊκούς επειδή έχει κάποιες καλές στατιστικές ιδιότητες όταν

χρησιμοποιείται σε ένα ενιαίο σύνολο δεδομένων. Αλλά δεν προτιμάται από τις Εθνικές Στατιστικές Υπηρεσίες (ΕΣΥ) διότι στην πράξη, οι δείκτες που κατασκευάζονται με τη μέθοδο αυτή τείνουν να στερούνται σταθερότητας όταν εφαρμόζονται πάνω σε διάφορα σύνολα δεδομένων. Επιπλέον, η χρήση αυτής της προσέγγισης θέτει ένα πιθανό ζήτημα αναθεωρήσεων όταν τα αποτελέσματα υπολογίζονται για ένα νέο μήνα, νέες εκτιμήσεις είναι διαθέσιμες για τους προηγούμενους μήνες.

Η έμμεση μέθοδος προτιμάται από τις ΕΣΥ και βασίζεται στη χρήση των προβλεπόμενων τιμών. Προβλεπόμενες τιμές λιανικής που προέρχονται από ηδονικές παλινδρομήσεις ενιαίας περιόδου αναφοράς, εφαρμόζονται σε πραγματικές τιμές λιανικής ώστε να αντλήσουν μια έμμεση εκτίμηση της επίδρασης της μεταβολής της ποιότητας. Αυτό χρησιμοποιείται για να προσαρμοστεί, η παρατηρούμενη διαφορά τιμής ανάμεσα στο απερχόμενο και στο στοιχείο αντικατάστασης.

Η προβλεπόμενη προσέγγιση τιμής προτιμάται για δύο βασικούς λόγους:

- για τα μοντέλα όπου οι ιδιότητες τους συνδέονται, η παράλειψη του ενός μπορεί να προκαλέσει τάση απώλειας μεταβλητής, η οποία μπορεί να είναι προβληματική για τους μεμονωμένους συντελεστές αν και όχι για την εξίσωση της παλινδρόμησης ως σύνολο.

- όπου ένα μοντέλο αρχείο καταγραφής τιμής χρησιμοποιείται (όπως είναι η περίπτωση με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές), η τάση είναι πιο προβληματική για τους μεμονωμένους συντελεστές απ' ότι για το μοντέλο στο σύνολό του (ακόμη και μετά από ένα συντελεστή διόρθωσης κατά το ήμισυ το τυπικό σφάλμα εφαρμόζεται).

Κεφάλαιο 3ο

3.1 Η τιμολόγηση στο υπολογιστικό νέφος

Η τιμολόγηση είναι η διαδικασία η οποία καθορίζει τι θα λάβει ένας πάροχος υπηρεσιών από έναν τελικό χρήστη σε αντάλλαγμα για τις υπηρεσίες του. Η διαδικασία προσδιορισμού των

τιμών μπορεί να είναι: σταθερή (fixed) στην οποία ο πελάτης χρεώνεται το ίδιο ποσό όλη την ώρα, δυναμική (dynamic) στην οποία η τιμή που χρεώνεται αλλάζει δυναμικά ή τέλος εξαρτώμενη της αγοράς (market dependent) κατά την οποία ο πελάτης χρεώνεται με βάση τις συνθήκες της αγοράς σε πραγματικό χρόνο [5].

Η σταθερή τιμολόγηση περιλαμβάνει το μοντέλο πληρωμή ανά χρήση (pay-per-use), στο οποίο οι πελάτες πληρώνουν για την ποσότητα ενός προϊόντος που καταναλώνουν ή την ποσότητα του χρόνου που χρησιμοποιούν μια συγκεκριμένη υπηρεσία. Η συνδρομή (subscription) είναι ένα άλλο είδος της σταθερής κοστολόγησης στο οποίο ο πελάτης πληρώνει ένα συγκεκριμένο ποσό χρημάτων για να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε οποιοδήποτε βολικό χρόνο ή ποσότητα. Τέλος η τιμή καταλόγου (list price) είναι ο τύπος σταθερής κοστολόγησης στον οποίο βρίσκεται μια σταθερή τιμή κοστολόγησης σε έναν κατάλογο ή μια λίστα.

Από την άλλη πλευρά η δυναμική τιμολόγηση σημαίνει ότι οι τιμές αλλάζουν δυναμικά σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών, τα χαρακτηριστικά των πελατών, την ποσότητα του όγκου εργασίας που έχει αγοραστεί ή τις προτιμήσεις των πελατών. Η τιμολόγηση market-dependent εξαρτάται από τις πραγματικού χρόνου συνθήκες της αγοράς, όπως είναι η διαπραγμάτευση, η δημοπράτηση, η συμπεριφορά της ζήτησης καθώς και η διαχείριση της απόδοσης.

3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την τιμολόγηση

Παρακάτω ακολουθούν οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την τιμολόγηση στο cloud computing [6].

Αρχικό κόστος (Initial cost): Είναι το ποσό των χρημάτων που ο πάροχος της υπηρεσίας δαπανά ετησίως για να αγοράσει πόρους.

Περίοδος μίσθωσης (Lease period): Είναι η περίοδος κατά την οποία ο πελάτης μισθώνει πόρους από τον πάροχο. Οι πάροχοι των υπηρεσιών συνήθως προσφέρουν χαμηλότερες τιμές για περιόδους μεγαλύτερης συνδρομής.

Ποιότητα της Υπηρεσίας (QoS): Είναι το σύνολο των τεχνολογιών και των τεχνικών που προσφέρονται από τον πάροχο ώστε να ενισχύσουν την εμπειρία του χρήστη στο υπολογιστικό νέφος όπως την ιδιωτικότητα των δεδομένων και τη διαθεσιμότητα των πόρων. Όσο καλύτερη είναι η ποιότητα υπηρεσίας που προσφέρεται, τόσο υψηλότερη είναι και η τιμή.

Ηλικία των πόρων (Age of resources): Είναι η ηλικία των χρησιμοποιούμενων πόρων από τον πάροχο. Όσο παλαιότεροι είναι οι πόροι, τόσο λιγότερο και θα χρεώνονται. Αυτό συμβαίνει διότι οι πόροι μπορεί να αντέξουν τη φθορά με την πάροδο του χρόνου κάτι το οποίο μειώνει και την οικονομική τους αξία.

Κόστος συντήρησης (Cost of maintenance): Είναι το ποσό των χρημάτων που ο πάροχος των υπηρεσιών δαπανά ετησίως για τη διατήρηση και την εξασφάλιση του υπολογιστικού νέφους.

3.3 Απαιτήσεις για αποτελεσματική τιμολόγηση

Ένα πραγματικό σύστημα τιμολόγησης του υπολογιστικού νέφους πρέπει να υποστηρίζει τις ακόλουθες υπηρεσίες [7]:

Σύνθετα προϊόντα (Complex products): Τα προϊόντα του υπολογιστικού νέφους μπορεί να είναι τόσο απλά ή τόσο περίπλοκα όπως απαιτεί ο πελάτης. Οι πάροχοι των υπηρεσιών χρειάζονται ένα σύστημα που να μπορεί να υποστηρίξει τόσο πολυπλοκότητα όσο επιλέγουν να παρέχουν.

Επεκτασιμότητα (Scalability): Ο τεράστιος όγκος των επιμέρους στοιχείων που ένας πάροχος πρέπει να χρεώσει είναι σημαντικός. Θα συνεχίσει να αυξάνεται ραγδαία, όταν κάθε νέα υπηρεσία έρχεται στην αγορά και επεκτείνεται η πελατειακή βάση.

Πραγματικός χρόνος (Real-time): Αν το υπολογιστικό νέφος μπορεί να παρέχει νέες υπηρεσίες σε δευτερόλεπτα, τότε το σύστημα χρέωσης πρέπει να συμβαδίζει. Να λάβει υπόψη νέα προϊόντα, τιμές, προσφορές για διάφορα προϊόντα, διαφημιστικές προσφορές ή νέα πακέτα. Το σύστημα χρέωσης πρέπει να διατηρήσει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για όλες τις τιμές κατά το χρόνο της τιμολόγησης. Ένας τρόπος να εξασφαλίσει ένα δυσαρεστημένο πελάτη είναι να δημιουργήσει ένα τιμολόγιο που δεν αντικατοπτρίζει την προώθηση που ο πελάτης νόμιζε ότι ήθελαν να επωφεληθούν από αυτό.

Self-service πρόβλεψη (Self-service provisioning): Οι πελάτες πρέπει να γνωρίζουν τι πρόκειται να πληρώσουν εκ των προτέρων και το σύστημα χρέωσης πρέπει να είναι σε θέση να παρακολουθεί κάθε φορά που προβλέπουν μια νέα υπηρεσία, να την ελέγξει σε σχέση με τις τρέχουσες τιμές και τις κοινές προσφορές και να δημιουργεί ανάλογα ένα τιμολόγιο.

Ορατότητα και έλεγχος (Visibility & Control): Σε ένα δημόσιο, ιδιωτικό ή υβριδικό περιβάλλον υπολογιστικού νέφους, οι πάροχοι υπηρεσιών πρέπει να έχουν πλήρη ορατότητα για το πώς οι πόροι τους χρησιμοποιούνται, έτσι ώστε να μπορούν να χρεώνουν ή να

παρακολουθούν αποτελεσματικά. Πριν από το υπολογιστικό νέφος το πώς χρησιμοποιούνταν οι πόροι ήταν πολύ περισσότερο ορατό, αλλά αυτό δεν ήταν πρόβλημα, καθώς οι πελάτες συμφωνούσαν να καταβάλουν σταθερά ποσά ανά μήνα. Με χρέωση μέσω 28 υπολογιστικού νέφους, μπορεί κάποιος να πάρει το υπόδειγμα χρησιμότητας και της διαφάνειας του υπολογιστικού νέφους και να το κάνει κερδοφόρο.

Granular billing: Με τόσα πολλά στοιχεία που συνθέτουν μια υπηρεσία υπολογιστικού νέφους, το σύστημα χρέωσης πρέπει να είναι αρκετά λεπτομερές σε κάθε στοιχείο ή υπηρεσία και να το αναφέρει στον πελάτη, όπως και όταν το χρειάζεται.

3.4 Οι κύριες πτυχές των μοντέλων τιμολόγησης του υπολογιστικού νέφους

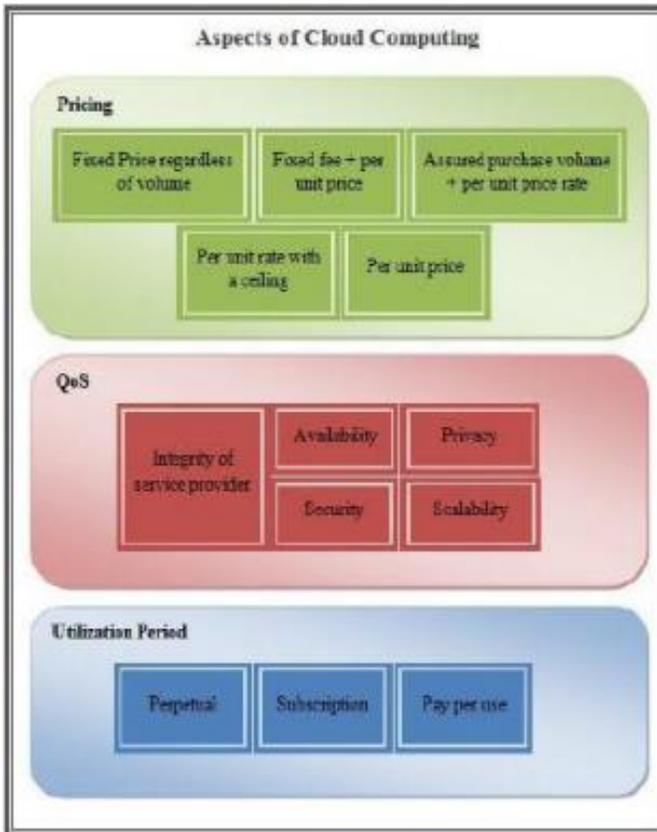
Ο πελάτης θα αξιολογήσει έναν μελλοντικό πάροχο υπηρεσιών βασιζόμενος σε τρεις βασικές παραμέτρους: προσέγγιση τιμών (pricing approach), ποιότητα υπηρεσιών (QoS) και περίοδος χρήσης (utilization period).

Η προσέγγιση τιμολόγησης περιγράφει τη διαδικασία με την οποία καθορίζεται η τιμή. Η προσέγγιση των τιμών θα μπορούσε να είναι ένα από τα ακόλουθα: σταθερές τιμές ανεξάρτητα από την ποσότητα (fixed priced regardless of volume), σταθερή τιμή ανά μονάδα κόστους (fixed price plus perunit rate), εξασφαλισμένη ποσότητα πληρωμής ανά μονάδα κόστους τιμής (assured purchase volume plus per-unit price rate), κόστος ανά μονάδα με ανώτατο όριο (per-unit rate with a ceiling,) και τιμή ανά μονάδα (per-unit price). Η σταθερή τιμή ανεξάρτητα από την ποσότητα, χρεώνει στον πελάτη μια σταθερή τιμή ανεξάρτητα από την ποσότητα της υπηρεσίας ή του προϊόντος που χρησιμοποιεί. Η σταθερή τιμή ανά μονάδα κόστους χρεώνει στον πελάτη μια σταθερή τιμή συν ανά μονάδα κόστους. Στην εξασφαλισμένη ποσότητα πληρωμής ανά μονάδα κόστους τιμής ο πελάτης πληρώνει μια σταθερή τιμή για μια ορισμένη ποσότητα. Αν η χρήση του πελάτη υπερβεί αυτή την ποσότητα, ο πελάτης πρέπει να καταβάλει ένα σταθερό ποσό ανά μονάδα για την επιπλέον χρήση. Στο κόστος ανά μονάδα με ανώτατο όριο, ο πελάτης καταβάλλει το ποσό ανά μονάδα μέχρι ένα ορισμένο όριο. Ο πάροχος δεν θα χρεώσει τον πελάτη πάνω από αυτό το όριο. Τέλος στην τιμή ανά μονάδα ο πελάτης χρεώνεται μια διαφορετική τιμή ανά μονάδα.

Η ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) περιγράφει τις απαιτήσεις για εκείνα που ένας πάροχος υπηρεσιών πρέπει να παρέχει στους πελάτες του. Οι QoS απαιτήσεις περιλαμβάνουν τη διαθεσιμότητα της υπηρεσίας, την ασφάλεια, την προστασία της ιδιωτικής ζωής, την επεκτασιμότητα και την ακεραιότητα του 29 παρόχου υπηρεσιών. Αν ο πάροχος υπηρεσιών εξασφαλίζει ότι οι απαιτήσεις αυτές διατηρούνται σε υψηλό επίπεδο, η ποιότητα της

παρεχόμενης υπηρεσίας θα αυξηθεί. Αυτό θα αυξήσει τον αριθμό των πελατών και την πίστη τους προς τον πάροχο υπηρεσιών.

Η περίοδος χρήσης (utilization period) μπορεί να οριστεί ως η περίοδος κατά την οποία ο πελάτης έχει το δικαίωμα να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες παρόχου με βάση τις διαπραγματεύσεις που είχαν κάνει οι δύο πλευρές. Θα μπορούσε να είναι αόριστης διάρκειας, με βάση την περίοδο εγγραφής ή ένα μοντέλο pay-per-use. Στην Εικόνα 6 περιγράφονται οι κύριες πτυχές των μοντέλων τιμολόγησης.



Εικόνα 6: Aspects of cloud computing pricing models. Πηγή: 'Cloud Computing Pricing Models: A Survey' (2013) [5]

3.5 Μοντέλα Τιμολόγησης του υπολογιστικού νέφους

Οι πάροχοι υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους χρησιμοποιούν διαφορετικά συστήματα και μοντέλα τιμολόγησης. Ωστόσο, το πιο κοινό μοντέλο που χρησιμοποιείται στο cloud είναι το μοντέλο "pay-as-you go". Εκεί 30 οι πελάτες πληρώνουν μια σταθερή τιμή ανά μονάδα χρήσης. Η Amazon που θεωρείται ο ηγέτης της αγοράς στο cloud computing, χρησιμοποιεί ένα τέτοιο μοντέλο, χρεώνοντας μια σταθερή τιμή για κάθε ώρα της εικονικής χρήσης του μηχανήματος. Το μοντέλο "pay-as-you-go" υλοποιείται επίσης και από άλλες κορυφαίες επιχειρήσεις όπως η Google App Engine και η Windows Azure. Ένα άλλο κοινό σύστημα που χρησιμοποιείται από αυτές τις κορυφαίες επιχειρήσεις είναι το "pay for resources" μοντέλο. Εδώ ένας πελάτης πληρώνει για το ποσό του εύρους ζώνης ή αποθήκευσης που χρησιμοποιεί. Το μοντέλο "subscription", όπου ένας πελάτης πληρώνει εκ των προτέρων για τις υπηρεσίες που πρόκειται να λάβει για μια προκαθορισμένη χρονική περίοδο.

Πολλές χρήσιμες μελέτες για την τιμολόγηση του cloud computing έχουν αναπτυχθεί, κάποιες από αυτές παρουσιάζονται παρακάτω: [5],[7].

Έχει μελετηθεί ένα νέο χρηματοπιστωτικό οικονομικό μοντέλο ικανό να παρέχει υψηλού επιπέδου QoS στους πελάτες. Εδώ χρησιμοποιείται η θεωρία της οικονομικής επιλογής και επεξεργάζονται τους πόρους του cloud ως επενδυτικά αγαθά για να συλλάβουν την ρεαλιστική αξία τους. Η τιμή που προσδιορίζεται με τη χρήση αυτού του μοντέλου αναπαριστά την βέλτιστη τιμή την οποία ο πάροχος θα πρέπει να χρεώνει στους πελάτες του για να ανακτήσει το αρχικό κόστος. Η θεωρία της οικονομικής επιλογής έδωσε ένα κατώτερο όριο για την τιμή που πρέπει να χρεώνεται στους πελάτες. Το ανώτερο όριο της τιμής προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας ένα προτεινόμενο σύνθετο νόμο του Moore κατά τον οποίο οι συγγραφείς υποστήριξαν ότι αν η τιμή καθορίζεται μεταξύ των δύο αυτών ορίων, θα ήταν επωφελής τόσο για τους πελάτες όσο και για τους παρόχους των υπηρεσιών. Ωστόσο αυτή η προσέγγιση δεν έλαβε υπόψη το κόστος συντήρησης και η υπόθεση ότι το αρχικό κόστος θα είναι το ίδιο για τους πελάτες και τους παρόχους κάτι που δεν είναι αλήθεια.

Το γενετικό μοντέλο τιμολόγησης του cloud computing επιλέγει ένα καλό μοντέλο τιμολόγησης μέσω γενετικών αλγορίθμων περιλαμβάνοντας τρία βασικά βήματα: ορίζουν ένα χρωμόσωμα, το αξιολογούν και τελικά επιλέγουν τα καλύτερα ζευγάρια των χρωμοσωμάτων για την αναπαραγωγή και απορρίπτουν εκείνα με τα χειρότερα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν ότι η γενετική τιμολόγηση απέκτησε τα υψηλότερα έσοδα στα περισσότερα από τα σενάρια. Οι πάροχοι που χρησιμοποιούν τη γενετική τιμολόγηση πέτυχαν

έσοδα έως και 100% μεγαλύτερα από τις άλλες 31 στρατηγικές δυναμικής τιμολόγησης (dynamic pricing) και έως 1000% μεγαλύτερα από τη σταθερή στρατηγική τιμολόγησης (fixed pricing). Το προτεινόμενο γενετικό μοντέλο είναι εύκολο να εφαρμοστεί, ευέλικτο και προσαρμόζεται εύκολα σε ένα σύνολο από διάφορες παραμέτρους που επηρεάζουν την τιμολόγηση.

Οι ερευνητές [9] υποστηρίζουν ότι η σταθερή τιμολόγηση είναι πιο εύκολο να κατανοηθεί και πιο ξεκάθαρη για τους χρήστες. Ωστόσο, οι προκαθορισμένες τιμές δεν είναι δίκαιες για όλους τους χρήστες γιατί δεν έχουν όλοι τις ίδιες ανάγκες. Έτσι προτείνουν χρέωση των μεταβλητών τιμών με προηγμένη κράτηση, το οποίο θα επιτρέπει στους χρήστες να γνωρίζουν τις ακριβείς δαπάνες οι οποίες υπολογίζονται κατά τη στιγμή της κράτησης, ακόμη κι αν βασίστηκαν σε μεταβλητές τιμές. Με αυτό το μοντέλο φαίνεται η σημασία που δίνεται στην αύξηση των εσόδων. Το πλεονέκτημα είναι ότι οι χρήστες δεν γνωρίζουν μόνο τις τιμές των απαιτούμενων πόρων τους στο μέλλον, αλλά το μοντέλο είναι επίσης σε θέση να εγγυηθεί την πρόσβαση σε μελλοντικούς πόρους για τον καλύτερο προγραμματισμό και τη διαχείριση των δράσεων τους.

Το δυναμικό σύστημα τιμολόγησης αναφέρεται σε ενωμένα υπολογιστικά νέφη (federated clouds), στα οποία οι πόροι μοιράζονται μεταξύ πολλών παρόχων του cloud [8]. Τα ενωμένα υπολογιστικά νέφη εφαρμόζονται για τη βελτίωση της αξιοπιστίας και της επεκτασιμότητας και για τους χρήστες και για τους παρόχους. Εδώ οι χρήστες υποτίθεται ότι είναι ικανοί για την αγορά και την πώληση των πόρων. Στην περίπτωση της υψηλής ζήτησης στην αγορά, η σταθερή τιμολόγηση θα ελαχιστοποιήσει την καλή ευημερία του πωλητή γιατί δεν θα είναι σε θέση να αυξήσει την τιμή του. Ομοίως, όταν η ζήτηση θα είναι χαμηλή, η χρησιμότητα του χρήστη θα ελαχιστοποιείται, διότι θα χρεωθεί περισσότερο από την τιμή αγοράς. Ως εκ τούτου η δυναμική τιμολόγηση είναι ωφέλιμη σε τέτοια περιβάλλοντα, διότι θα ορίσει την τιμή ανάλογα με τα επίπεδα της προσφοράς και της ζήτησης. Θα επιτρέψει επίσης την προσφορά πολλών τύπων των πόρων στους τελικούς χρήστες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα μοντέλα τιμολόγησης στο cloud computing μεροληπτούν προς τον φορέα παροχής υπηρεσιών [7]. Τα περισσότερα από αυτά έχουν στόχο την αύξηση των εσόδων του παρόχου και την μείωση του κόστους του. Μια καλύτερη προσέγγιση της τιμολόγησης θα έπρεπε να περιλαμβάνει χαρακτηριστικά λαμβάνοντας υπόψη τον τελικό χρήστη, όπως το επίπεδο της ικανοποίησης των χρηστών, την ποιότητα των υπηρεσιών (QoS) και γενικότερα την ωφελιμότητα του τελικού χρήστη. Ένας πελάτης ικανοποιημένος με τις υπηρεσίες του παρόχου θα συνεχίσει να τις χρησιμοποιεί στο μέλλον και να τις προτείνει συναδέλφους, κάτι το οποίο τελικά οδηγεί σε υψηλότερα έσοδα και τη δημοτικότητα μεταξύ των πελατών.

Ο πελάτης μπορεί να επιλέξει τον πάροχο υπηρεσιών ανάλογα με την τιμολόγηση που παρέχει και που είναι πιο συμβατή με τη συμπεριφορά του πελάτη. Για παράδειγμα, ένας

πελάτης που χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους εκτενώς, θα είναι σε καλύτερη οικονομική θέση χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες του cloud με σταθερή τιμολόγηση από μια δυναμική, διότι στην παρούσα περίπτωση θα χρεώνεται λιγότερο. Πελάτες με περιορισμένη χρήση θα επωφελούνται περισσότερο αν χρησιμοποιούν cloud υπηρεσίες με δυναμική τιμολόγηση (dynamic pricing).

3.6 Μοντέλα Τιμολόγησης και τύποι προσφορών για IaaS υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους (pricing models and offering types)

Έχουν παρατηρηθεί τέσσερις τύποι μοντέλων τιμολόγησης που συσχετίζονται με ορισμένους τύπους προσφορών [18]. Η ανάλυση που ακολουθεί ασχολείται με τις βασικές πτυχές του κάθε μοντέλου τιμολόγησης και η Εικόνα 7 παρουσιάζει έναν πίνακα ταξινόμησης αυτών των μοντέλων.

1. **Per-use model:** Είναι επίσης γνωστό ως pay-as-you-go μοντέλο όπου ομαδοποιούνται οι υπολογιστικοί πόροι και χρεώνονται ανά μονάδα χρόνου χρήσης. Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται πιο συχνά από τους Cloud Infrastructure Service Providers (CISPs) για περιπτώσεις τιμολόγησης του cloud server όπου οι τιμές συχνά διαφέρουν και βασίζονται στον επεξεργαστή, την μνήμη RAM, την αποθήκευση σε δίσκους ή στην ικανότητα εύρους ζώνης (διαφέρει μεταξύ CISPs). Άλλοι υπολογιστικοί πόροι τιμολογούνται παρόμοια με βάση την χρήση αλλά ανά ποσότητα/ποσό ανά μονάδα χρόνου. Παραδείγματα αυτού του τύπου τιμολόγησης περιλαμβάνουν 1\$ ανά GB εισόδου /εξόδου μεταφοράς δεδομένων, 1\$ ανά GB αποθήκευσης δεδομένων ανά χρονική περίοδο και ανά χρήση διεύθυνσης IP ανά μονάδα χρόνου. Το μοντέλο per-use είναι απλό και δεν απαιτεί καμία προκαταβολή ή / και μακροπρόθεσμες δεσμεύσεις και οι υπολογιστικοί πόροι μπορούν να ζητηθούν ανά πάσα στιγμή και για το λόγο αυτό ονομάζονται on-demand or cloud servers.

2. **Subscription model:** Σε αυτό το μοντέλο οι καταναλωτές του υπολογιστικού νέφους εγγράφονται εκ των προτέρων για τον υπολογισμό της χρήσης των πόρων για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, υπογράφοντας μια σύμβαση. Οι υπολογιστικοί πόροι ομαδοποιούνται σε διαφορετικά πακέτα που συχνά ονομάζονται Dedicated Servers ή Reserved Instances κατά τις οποίες οι τιμές ποικίλλουν ανάλογα με την χωρητικότητα των πόρων που περιλαμβάνουν. Σε αντίθεση με το pay as-you-go μοντέλο, το subscription model απαιτεί προκαταβολή και

μακροπρόθεσμες ή και βραχυπρόθεσμες δεσμεύσεις που κυμαίνονται από μηνιαία ως ετήσια βάση. Τα πακέτα Dedicated server συχνά προσφέρονται σε μειωμένες τιμές.

3. **Prepaid per-use model:** είναι μια παραλλαγή του per-use μοντέλου τιμολόγησης. Σε αυτό το μοντέλο οι on-demand servers χρεώνονται με την ώρα αλλά από μια προπληρωμένη πίστωση.

4. **Subscription + per-use model:** Είναι ένα ενδιάμεσο μοντέλο ανάμεσα στα per-use και subscription μοντέλα. Σε αυτό το πρότυπο οι Dedicated Servers πρέπει να ενοικιάζονται εκ των προτέρων για ένα χρονικό διάστημα και επιπλέον οι cloud servers μπορούν να ζητούνται κατ' απαίτηση (on-demand) και να χρεώνονται με χρεώσεις per-use μοντέλου.

Pricing model	Offering type	Commitment
Per-use	On-demand servers (\$ per hour use) <i>Examples:</i> Amazon on-demand and spot instances, Rackspace cloud servers, Terremark vCloud (per-hour)	Nil
Subscription	Dedicated servers (upfront \$ per time period) <i>Examples:</i> GoGrid dedicated servers (monthly), Joyent Smart-Machines (monthly), Rackspace servers (monthly)	Short-term (less than 6 months) and Long-term (1–3 years)
Prepaid per-use	On-demand servers (\$ per hour use deducted from prepaid credit) <i>Examples:</i> ElasticHosts hourly-burst cloud servers, GoGrid cloud servers (hourly), Joyent SmartMachines (daily)	Nil
Subscription+per-use	Dedicated servers (upfront \$ per month/year) + on-demand instances \$ per hour use <i>Examples:</i> ElasticHosts monthly cloud servers+ hourly usage, Joyent monthly SmartMachines + daily usage, Amazon reserved instances (1 or 3 years)	Short-term (less than 6 months) and Long-term (1–3 years)

Εικόνα 7: Classification of pricing models and cloud server offering types. Πηγή: "On understanding the economics and elasticity challenges of deploying business applications on public cloud infrastructure"(2011) [18]

3.7 Ηδονική μέθοδος τιμολόγησης (Hedonic Pricing Method)

Σύμφωνα με την ηδονική μέθοδο τιμολόγησης, τα προϊόντα είναι δέσμες χαρακτηριστικών ή «ιδιότητες» και η αγορά βρίσκεται σε ισορροπία όταν η τιμή ενός προϊόντος εξαρτάται από τις έμμεσες ή «ηδονικές» τιμές των χαρακτηριστικών του [10],[11]. Εδώ οι καταναλωτές αγοράζουν μόνο πακέτα των χαρακτηριστικών του προϊόντος, αντί του ίδιου του προϊόντος. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της αγοράς ακινήτων, η τιμή ενός ακινήτου καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά του σπιτιού (π.χ. το μέγεθος, την εμφάνιση, τα χαρακτηριστικά και την κατάσταση) και τα χαρακτηριστικά της γύρω περιοχής (π.χ. δυνατότητα πρόσβασης σε σχολεία και καταστήματα, τα επίπεδα της ρύπανσης των υδάτων και του αέρα, καθώς και τις τιμές των άλλων σπιτιών). Η ηδονική μέθοδος χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί ο βαθμός στον οποίο κάθε χαρακτηριστικό επηρεάζει την τιμή ενός προϊόντος. Είναι σημαντικό να

σημειωθεί ότι αυτή η μέθοδος βασίζεται στο γεγονός ότι οι τιμές των προϊόντων στην αγορά επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά τους. Αποσυνθέτει το αντικείμενο που ερευνάται στα συστατικά του χαρακτηριστικά και εκτιμά την συμβάλλουσα αξία του κάθε χαρακτηριστικού υπό τον όρο ότι το σύνθετο αυτό αντικείμενο μπορεί να μειωθεί στα συστατικά του μέρη και ότι η αγορά εκτιμά αυτά τα συστατικά μέρη. Τα ηδονικά μοντέλα συνήθως υπολογίζονται χρησιμοποιώντας την ανάλυση της παλινδρόμησης όπου στα 35 οικονομικά η ηδονική παλινδρόμηση (hedonic regression ή hedonic demand theory) είναι μια μέθοδος που αποκαλύπτει την εκτίμηση της ζήτησης ή της αξίας [11].

Ένα προϊόν X μπορεί να περιγραφεί εξ' ολοκλήρου με το διάνυσμα των χαρακτηριστικών του [17]:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_l) \quad (3.1)$$

Όπου x_i είναι το επίπεδο του i -οστού χαρακτηριστικού του υπό εξέταση προϊόντος, δηλαδή η ποσότητα του i -οστού χαρακτηριστικού κάθε προϊόντος, και το l είναι ο αριθμός των σχετικών χαρακτηριστικών του προϊόντος.

Στα πληροφοριακά συστήματα, η μέθοδος της ηδονικής τιμολόγησης έχει εφαρμοστεί ευρέως στην αγορά των προσωπικών υπολογιστών και των λειτουργικών συστημάτων.

Κεφάλαιο 4ο

Ηδονικός Δείκτης Τιμών (Hedonic Price Index)

4.1 Δείκτης Τιμών (Price Index)

Ο δείκτης τιμών (price index) είναι ένας κανονικοποιημένος μέσος (συνήθως ένας σταθμισμένος μέσος όρος) των σχετικών τιμών για μια συγκεκριμένη κατηγορία προϊόντων ή υπηρεσιών σε μια δεδομένη περιοχή κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Είναι ένα στατιστικό στοιχείο το οποίο έχει σχεδιαστεί για να συγκρίνει στο

σύνολό τους πώς αυτές οι σχετικές τιμές διαφέρουν μεταξύ των χρονικών περιόδων ή των γεωγραφικών περιοχών [20]. Κάποιες από τις χρήσεις που έχουν οι δείκτες τιμών ("price indices" ή "price indexes") είναι η μέτρηση του γενικού επιπέδου των τιμών της οικονομίας ή του κόστους ζωής. Μπορούν να βοηθήσουν τους παραγωγούς με τα επιχειρηματικά σχέδια και την τιμολόγηση ή και να κατευθύνουν τις επενδύσεις.

4.2 Ηδονικός δείκτης τιμών

Ηδονικός δείκτης τιμών (hedonic price index) είναι κάθε δείκτης τιμών που χρησιμοποιεί την ηδονική συνάρτηση (hedonic function) [11]. Περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο τιμή ενός προϊόντος μπορεί να εξηγηθεί από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Είναι η σχέση μεταξύ των τιμών των διαφόρων χαρακτηριστικών ενός προϊόντος, όπως είναι τα διάφορα μοντέλα των προσωπικών υπολογιστών και οι ποσότητες των χαρακτηριστικών σε αυτούς. Αυτό κάνει ξεκάθαρο ότι ο ηδονικός δείκτης δεν είναι απαραίτητα δείκτης τιμών της παλινδρόμησης και αντίστροφα ένας δείκτης τιμών παλινδρόμησης δεν είναι και ηδονικός δείκτης εάν δεν χρησιμοποιεί την ηδονική συνάρτηση. Σε οποιαδήποτε εφαρμογή η εκτίμηση της ηδονικής συνάρτησης είναι το πρώτο βήμα για τον υπολογισμό ενός δείκτη τιμών.

Τέσσερις σημαντικοί μέθοδοι για τον υπολογισμό των ηδονικών δεικτών τιμών έχουν αναπτυχθεί [11]. Η καθεμία από αυτές τις μεθόδους χρησιμοποιεί διαφορετικού είδους πληροφορία από την ηδονική συνάρτηση. Οι 'time dummy variable' και 'characteristics price index' μέθοδοι αναφέρονται μερικές φορές και σαν άμεσες (direct) μέθοδοι, διότι όλες οι πληροφορίες τιμών προέρχονται από την ηδονική συνάρτηση. Καμιά τιμή δεν προέρχεται από εναλλακτικές πηγές. Οι άμεσες μέθοδοι απαιτούν η ηδονική λειτουργία να εκτιμάται για κάθε περίοδο για την οποία χρειάζεται ένας δείκτης τιμών. Οι επόμενες δύο 'hedonic price imputation' και 'hedonic quality adjustment' μέθοδοι περιγράφονται και σαν έμμεσες (indirect) ή σύνθετες (composite) μέθοδοι και αυτό γιατί η ηδονική συνάρτηση χρησιμοποιείται μόνο για να αποδώσει ή για να προσαρμόσει τις τιμές για τις αλλαγές της ποιότητας του δείγματος των υπολογιστών σε περιπτώσεις όπου οι ισοδύναμες συγκρίσεις έχουν καταρρεύσει. Το υπόλοιπο του δείκτη υπολογίζεται σύμφωνα με τις συμβατικές 'matched-model' (προσαρμοσμένες) μεθόδους, χρησιμοποιώντας τις τιμές που συλλέγονται με το συνηθισμένο δείγμα της στατιστικής υπηρεσίας. Οι έμμεσες μέθοδοι συνεπάγονται την συγχώνευση δύο πηγών πληροφορίας της τιμής, τα 'full cross' τμήματα των τιμών και χαρακτηριστικών του υπολογιστή

ώστε να υπολογισθεί η ηδονική συνάρτηση και τα δείγματα του δείκτη τιμών που τα συλλέγουν κανονικά οι στατιστικές υπηρεσίες. Επίσης οι έμμεσες μέθοδοι υπονοούν ότι η ηδονική λειτουργία μπορεί να υπολογιστεί από μία πηγή δεδομένων η οποία είναι διαφορετική από εκείνη που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του δείκτη τιμών, που με τη σειρά του σημαίνει ότι η ηδονική λειτουργία μπορεί να εκτιμηθεί λιγότερο συχνά από ό, τι το χρονοδιάγραμμα δημοσίευσης του δείκτη τιμών. Για παράδειγμα, αν ο δείκτης τιμών είναι μηνιαίος, η χρήση της έμμεσης μεθόδου επιτρέπει την εκτίμηση της ηδονικής συνάρτησης τριμηνιαία ή εξαμηνιαία ή ακόμα και σε ετήσια βάση, σύμφωνα την συχνότητα που απαιτείται ώστε να την διατηρεί ενημερωμένη. Η έμμεση μέθοδος δεν απαιτεί την εκτίμηση των ηδονικών συναρτήσεων σε μηνιαία βάση, προκειμένου να δημιουργήσει ένα δείκτη ο οποίος υπολογίζεται σε μηνιαία βάση, όπως απαιτούν οι άμεσες μέθοδοι.

Στην πράξη, οι στατιστικές υπηρεσίες που εφαρμόζουν ηδονικούς δείκτες χρησιμοποιούν ως επί το πλείστον την 'hedonic quality adjustment' μέθοδο, εν μέρει λόγω της ανάγκης για την παραγωγή ενός δείκτη εγκαίρως. Η μέθοδος αυτή μπορεί να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας μια ηδονική λειτουργία από μια προηγούμενη περίοδο, κάτι για το οποίο η 'dummy variable' μέθοδος (αλλά και οι υπόλοιπες μέθοδοι) απαιτεί την ηδονική συνάρτηση της τρέχουσας περιόδου. Αλλά δεν υπάρχει κανένας λόγος για τον οποίο δεν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η 'dummy variable' μέθοδος, όταν είναι εφικτό.

Οι ηδονικοί δείκτες τιμών έχουν αποδειχθεί πολύ χρήσιμοι όταν εφαρμόζονται για τον υπολογισμό των δεικτών τιμών προϊόντων της πληροφορίας, της επικοινωνίας (π.χ. προσωπικοί υπολογιστές) και της στέγασης επειδή μπορούν να αντιμετωπίσουν επιτυχώς προβλήματα που προκύπτουν όταν πρέπει να ληφθούν υπόψη νέα προϊόντα όπως και γρήγορες αλλαγές της ποιότητας.

4.3 Οι πρώτοι δείκτες τιμών

Ο πρώτος ηδονικός δείκτης τιμών (ΗΔΤ) υπολογίστηκε το 1939 από τον Andrew Court [15]. Ο Court κατά την περίοδο που εργάστηκε πάνω στους ηδονικούς δείκτες τιμών επικεντρώθηκε σε θέματα της βιομηχανίας αυτοκινήτων. Ο όρος "ηδονικός" (με κεφαλαία) χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει τη βαρύτητα της σχετικής σημασίας των διαφόρων συνιστωσών, όπως η ιπποδύναμη και η ικανότητα πέδησης, στην κατασκευή ενός δείκτη "χρησιμότητας και σκοπιμότητας". Οι τιμές ανά όχημα διαιρούνταν από τον ηδονικό δείκτη ώστε να προσαρμοστούν για την τροποποίηση των προδιαγραφών του οχήματος.

Ο πρώτος ηδονικός δείκτης τιμών για προσωπικούς υπολογιστές βασίστηκε στην έρευνα της Dulberger το 1989 [11]. Δημιούργησε την ηδονική εξίσωση για υπολογιστές βάσει του παρακάτω τύπου:

$$\ln Pit = a_0 + 0.783 \ln(\text{speed})_i + 0.219 \ln(\text{memory})_i + \text{“technology” variables} + \text{eit} \quad (4.1)$$

Η εξίσωση λέει ότι ο λογάριθμος της τιμής για ένα μοντέλο υπολογιστή σε χρόνο t εξαρτάται από τον λογάριθμο της ταχύτητάς του και τον λογάριθμο του ποσού της κύριας μνήμης που έχει ο υπολογιστής και η οποία μετράται σε megabytes. Στην μελέτη της Dulberger η ταχύτητα μετρήθηκε σε MIPS, εκατομμύρια εντολές ανά δευτερόλεπτο, ένα μέτρο ταχύτητας που έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στη βιομηχανία των υπολογιστών. Ο όρος eit , είναι το κατάλοιπο της παλινδρόμησης το οποίο δείχνει αν η τιμή του συγκεκριμένου υπολογιστή, του μοντέλου i , είναι κοντά στην γραμμή παλινδρόμησης στο χρόνο t . Η εξίσωση επίσης περιλαμβάνει και ένα σύνολο μεταβλητών της τεχνολογίας.

4.4 Παράδειγμα χρήσης των ηδονικών συναρτήσεων για τον υπολογισμό της τιμής ενός υπολογιστή

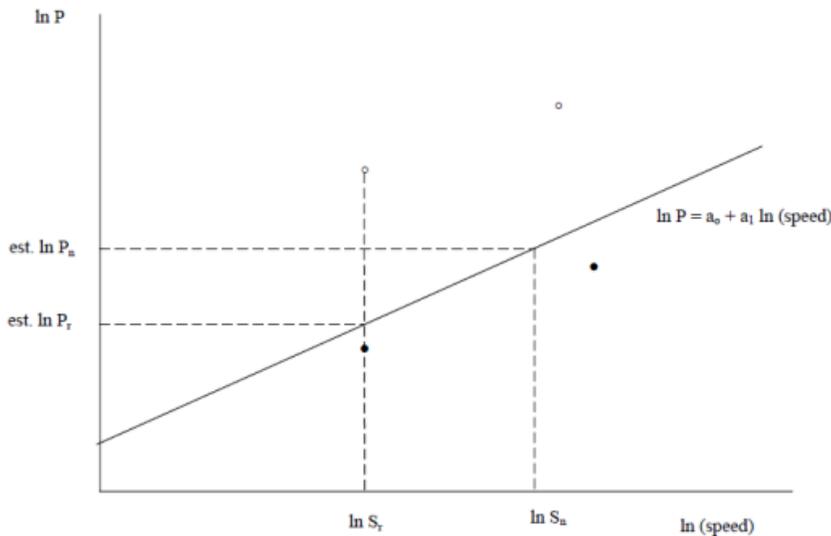
Στις ηδονικές συναρτήσεις, μεταβλητές όπως η ταχύτητα και το μέγεθος της μνήμης των υπολογιστών ονομάζονται χαρακτηριστικά (characteristics) [11]. Η θεωρία των ηδονικών δεικτών βασίστηκε στο γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά είναι οι μεταβλητές ενός προϊόντος που θέλουν οι αγοραστές και τα χαρακτηριστικά αυτά κοστίζουν για να παραχθούν.

Οι συντελεστές παλινδρόμησης (regression coefficients) (0,783 και 0,219 στην εξίσωση 4.1) εκτιμούν τα χαρακτηριστικά. Συχνά ονομάζονται έμμεσες τιμές (implicit prices) ή χαρακτηριστικά των τιμών (characteristics prices) γιατί δείχνουν τις τιμές που χρεώνονται και πληρώνονται για την αύξηση μιας μονάδας (αντίστοιχα) της ταχύτητας και της μνήμης όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Οι έμμεσες τιμές είναι όπως και οι άλλες τιμές, επηρεάζονται 39 από τη ζήτηση και την προσφορά πράγμα που σημαίνει για παράδειγμα, ότι δεν μετρούν μοναδικά την αξία χρήσης. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση μιας ηδονικής συνάρτησης όπως στην εξίσωση (4.1), ο συντελεστής παλινδρόμησης δεν είναι τεχνικά η ίδια η τιμή του χαρακτηριστικού αλλά σε κάποιο βαθμό ο λογάριθμος της τιμής του χαρακτηριστικού του.

Για παράδειγμα ένας νέος υπολογιστής 50 MIPS αντικαθιστά ένα υπολογιστή των 45 MIPS, ο οποίος ήταν στο δείγμα του δείκτη τιμών. Κάποιος θέλει α) να εκτιμήσει την τιμή του ενός ή και των δυο υπολογιστών την περίοδο που δεν ήταν διαθέσιμος (να επιτρέπεται η σύγκριση των τιμών των ηλεκτρονικών υπολογιστών που έχουν τις ίδιες προδιαγραφές) ή β) να εκτιμήσει την αξία της αύξησης

της μνήμης των 5 MIPS του υπολογιστή στη μία ή και στις δυο περιόδους (να χρησιμεύσει ως προσαρμογή της ποιότητας) .

Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 8) απεικονίζεται το διάγραμμα, υποθέτοντας μια ηδονική συνάρτηση υπολογιστή που έχει μόνο ένα χαρακτηριστικό την ταχύτητα. Αυτό μοιάζει με την συνάρτηση (4.1), έχοντας μόνο την ταχύτητα στην παλινδρόμηση. Έτσι περιέχει τον λογάριθμο της ταχύτητας του υπολογιστή και τον λογάριθμο της τιμής του για την χρονική περίοδο t .



Εικόνα 8: Διάγραμμα ηδονικής συνάρτησης υπολογιστή με μόνο χαρακτηριστικό την ταχύτητα. Πηγή: Triplett, J. E. (2004) *Handbook on hedonic indexes and quality adjustments in price indexes, science, technology and industry working papers*.

Εδώ υπολογίζεται η τιμή του υπολογιστή για την περίοδο που ήταν διαθέσιμος και για την περίοδο που δεν ήταν. Υποθέτουμε το μοντέλο r , ότι πουλήθηκε την περίοδο t αλλά αυτό το μοντέλο δεν ήταν στο δείγμα του δείκτη τιμών του υπολογιστή. Όμως αυτός ο υπολογιστής ήταν διαθέσιμος στην αγορά, έτσι ώστε η τιμή του θα μπορούσε να έχει συλλεχθεί αν ήταν στο δείγμα. Η ταχύτητά της μνήμης του ήταν S_r . Με την προϋπόθεση ότι ο υπολογιστής r ήταν διαθέσιμος, κάποιος μπορεί να χρησιμοποιήσει την ηδονική συνάρτηση για να υπολογίσει την τιμή του την χρονική περίοδο t . Η εκτιμώμενη τιμή για τον r υπολογιστή φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα. Αν αυτός λειτουργεί με ταχύτητα S_r , η τιμή του υπολογίζεται ως P_r μέσω της ηδονικής συνάρτησης για την περίοδο t . Η τιμή P_r είναι καλύτερη εκτιμώμενη με την έννοια ότι είναι η μέση τιμή για ένα υπολογιστή που πουλήθηκε την περίοδο t και είχε ταχύτητα S_r . Ουσιαστικά δεν γνωρίζουμε την ακριβή τιμή του υπολογιστή r . Δεν είχε συλλεχθεί για το δείγμα. Η πραγματική του τιμή μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την εκτιμώμενη. Εάν η πραγματική τιμή για τον υπολογιστή r ήταν χαμηλότερη από τη μέση τιμή για έναν υπολογιστή με ταχύτητα S_r , τότε είναι μια «μεγάλη ευκαιρία». Αυτοί οι υπολογιστές «μεγάλης ευκαιρίας»

βρίσκονται κάτω από την ηδονική λειτουργία και έχουν αρνητικά κατάλοιπα όπως φαίνεται και στο διάγραμμα (Εικόνα 8) ως μία συμπαγής "τελεία". Αντίθετα ο υπολογιστής r θα μπορούσε να είναι "υπερτιμημένος" σε σχέση με την ταχύτητα του. Σε αυτή την περίπτωση, η τιμή βρίσκεται πάνω από την ηδονική λειτουργία έτσι έχει ένα θετικό κατάλοιπο παλινδρόμησης όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ως μία ανοιχτή "τελεία".

Τώρα θα υπολογίσουμε την τιμή ενός νέου υπολογιστή n , ο οποίος δεν ήταν διαθέσιμος την περίοδο t . Αυτό φαινομενικά είναι ένα παρόμοιο πρόβλημα. Ο υπολογιστής n έχει ταχύτητα S_n . Εάν η εισαγωγή του υπολογιστή n δεν αλλάξει το υπάρχον καθεστώς τιμών για τους υπολογιστές, τότε η καλύτερη εκτίμηση τιμής για τον n υπολογιστή φαίνεται στην Εικόνα 8. Από την S_n ταχύτητα του υπολογιστή n , η εκτιμώμενη τιμή του δίνεται από την ηδονική γραμμή παλινδρόμησης P_n , με παρόμοια διαδικασία με εκείνη της εκτίμησης της τιμής του r υπολογιστή.

Ωστόσο, η εκτίμηση μιας τιμής για τον υπολογιστή n από την ηδονική παλινδρόμηση για την περίοδο t περιλαμβάνει ελαφρώς ένα διαφορετικό οικονομικό και στατιστικό πρόβλημα από την εκτίμηση της τιμής για τον υπολογιστή r . Ο υπολογιστής r υπήρχε κατά την περίοδο t , όπου ο υπολογιστής n δεν υπήρχε. Για το λόγο αυτό οι εκτιμήσεις P_r και P_n βασίζονται σε διαφορετικές υποθέσεις.

Ο υπολογιστής r υπήρχε κατά την περίοδο t έτσι η επιρροή του είχε ήδη ενσωματωθεί στη διάρθρωση των τιμών της αγοράς ηλεκτρονικών υπολογιστών και ως εκ τούτου στην ηδονική συνάρτηση της περιόδου t . Καμία ιδιαίτερη υπόθεση δεν απαιτείται για να εκτιμηθεί η τιμή του r υπολογιστή, ακόμη και αν ο υπολογιστής r δεν είχε συμπεριληφθεί στα δεδομένα από τα οποία είχε εκτιμηθεί η ηδονική συνάρτηση. Το ερώτημα είναι απλό: Ποια είναι η καλύτερη εκτίμησή για την τιμή του r υπολογιστή τη χρονική στιγμή t ; Φυσικά, αυτή η εκτιμώμενη τιμή υπολογίζεται με κάποιο λάθος όπως συμβαίνει με όλες τις εκτιμήσεις.

Αλλά μια φαινομενικά παρόμοια ερώτηση σχετικά με την τιμή του υπολογιστή n δεν είναι ίδια. Για τον υπολογιστή n , το ερώτημα δεν είναι: Για τι τιμή να είχε πουληθεί; Αντ' αυτού, το ερώτημα είναι: Πως θα είχε πουληθεί ο υπολογιστής n αν υπήρχε στην αγορά κατά την περίοδο t ; Αν ήταν στην αγορά κατά την περίοδο t , θα μπορούσε να αλλάξει τις απαιτήσεις για όλους οι υπολογιστές, έτσι η ίδια η ηδονική συνάρτηση θα ήταν διαφορετική από εκείνη που υπήρχε την περίοδο t .

Η εκτίμηση P_n (η οποία βασίζεται στην ηδονική συνάρτηση για την περίοδο t) είναι έγκυρη μόνο αν υποθέσουμε ότι η εισαγωγή των ηλεκτρονικών υπολογιστών n κατά την περίοδο t δεν θα αλλάξει την γραμμή της ηδονικής παλινδρόμησης του υπολογιστή κατά την περίοδο t . Αυτή θα μπορούσε να είναι η περίπτωση για παράδειγμα εάν ο υπολογιστής n είχε εισαχθεί σε μια τιμή η οποία ήταν ακριβώς στη γραμμή παλινδρόμησης, και όχι πάνω ή κάτω από αυτή.

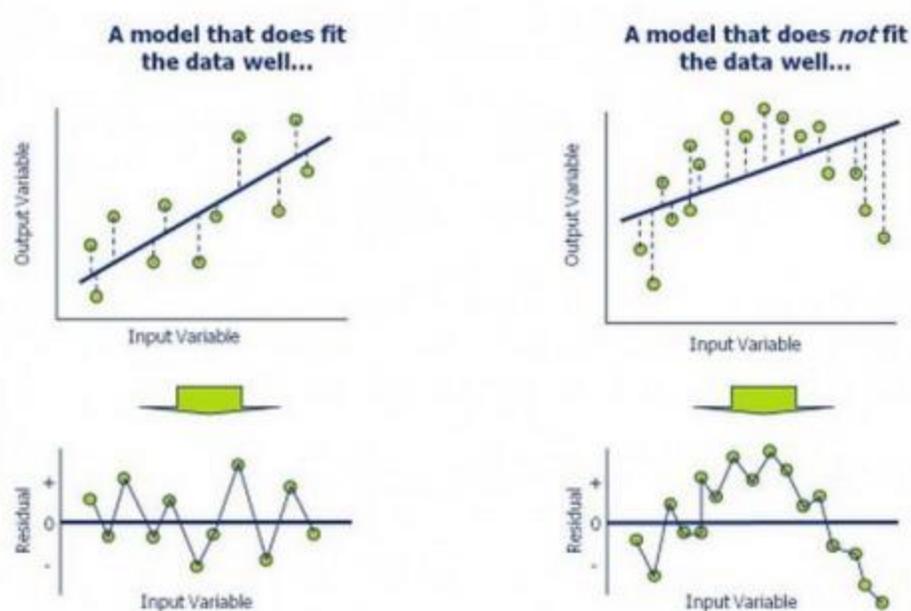
Αυτό είναι αρκετά παλιό σημείο αλλά συχνά παραβλέπεται. Οι παραγωγοί των διαφοροποιημένων προϊόντων προσπαθούν να βρουν κενές θέσεις στο φάσμα προϊόντων των ειδών και να το συμπληρώνουν αλλάζοντας τις απαιτήσεις για τα υπάρχοντα είδη με αποτέλεσμα τις μεταβολές των τιμών στα χαρακτηριστικά. Η εκτίμηση της τιμής ενός υπολογιστή είναι πιο επικίνδυνη για τους υπολογιστές που είναι εκτός του φάσματος των χαρακτηριστικών που υπήρχαν στην χρονική περίοδο t .

Κάνοντας προσαρμογή της ποιότητας στους δείκτες τιμών μερικές φορές απαιτεί την εκτίμηση μιας τιμής κατά την περίοδο t για έναν νέο υπολογιστή που διατέθηκε για πρώτη φορά κατά την περίοδο $t + 1$. Κανείς δεν μπορεί να αγνοήσει το γεγονός ότι ο νέος υπολογιστής δεν ήταν διαθέσιμος κατά την περίοδο t και τους πιθανούς λόγους για τους οποίους δεν ήταν διαθέσιμος.

4.5 Κατάλοιπα

Στα πραγματικά δεδομένα ο "θόρυβος" υπάρχει πάντα. Ο στατιστικός θόρυβος είναι μια ερμηνεία για τα κατάλοιπα της παλινδρόμησης. Αυτός είναι ένας άλλος τρόπος για να πούμε ότι τα κατάλοιπα δεν σημαίνουν τίποτα οικονομικά και είναι απλά τυχαία σφάλματα παρατήρησης κάποιου είδους που αν όλα πάνε καλά είναι ασυσχέτιστα χωρίς ενδιαφέρον. Αλλά τα κατάλοιπα μπορούν επίσης να έχουν και μια οικονομική ερμηνεία. Εάν οι τιμές είναι οι τιμές των συναλλαγών, τα αρνητικά κατάλοιπα είναι "ευκαιρίες", όπως έχει ήδη επισημανθεί: Αυτοί υπολογιστές κοστίζουν λιγότερο από ό, τι θα περίμενε κανείς από τις ποσότητες των χαρακτηριστικών που περιέχουν. Αντίθετα, τα θετικά κατάλοιπα (τα σημεία που σημειώνονται με "ο") κοστίζουν "πάρα πολύ" για τα χαρακτηριστικά που παρέχουν. Οι πραγματικές τιμές περιλαμβάνουν σφάλματα τιμολόγησης του κατασκευαστή, έτσι ώστε τα κατάλοιπα έχουν μια οικονομική ερμηνεία και όχι απλώς στατιστική. Η ανάλυση των καταλοίπων είναι μια μαθηματική μέθοδος που χρησιμοποιείται για να ελέγξει αν προσαρμόζεται σωστά ένα μοντέλο παλινδρόμησης. Οπτικά μοιάζει με την γραμμή παλινδρόμησης Εικόνα 9, όπου παρουσιάζεται να περνάει από το κέντρο των σημείων των δεδομένων και να και να αναπαριστά μια γενική συσχέτιση.

Στην παρακάτω εικόνα θεωρούμε δύο μοντέλα παλινδρόμησης και στην δεύτερη σειρά τις γραφικές παραστάσεις των καταλοίπων τους (τα οποία είναι τα σφάλματα μεταξύ των γραμμών της παλινδρόμησης και των πραγματικών σημείων των δεδομένων).



Εικόνα 9: Comparing the residuals of 'good' and 'bad' regression models Πηγή: <http://www.opexresources.com/index.php/free-resources/articles/analysis-of-residuals-explained>

Παρατηρούμε ότι τα κατάλοιπα για ένα ικανοποιητικό μοντέλο παλινδρόμησης κατανέμονται κανονικά και τυχαία, ενώ για ένα «μη ικανοποιητικό μοντέλο», είναι μη κανονικά κατανεμημένα και έχουν διαφορετική, μη τυχαία διάταξη [21]. Έτσι στην πρώτη περίπτωση λέμε ότι η ανάλυση των καταλοίπων είναι ικανοποιητική και το μοντέλο παλινδρόμησης ευθείας γραμμής μπορεί να περιγράψει ικανοποιητικά τη σχέση μεταξύ της εξαρτημένης και της ανεξάρτητης μεταβλητής. Σε γενικές γραμμές, ένα μοντέλο ταιριάζει καλά με τα δεδομένα, εάν οι διαφορές μεταξύ των τιμών που παρατηρήθηκαν και προβλεπόμενες τιμές του μοντέλου είναι μικρές και αμερόληπτες. Κατάλοιπα: Παρατηρούμενες Τιμές – Προσαρμοσμένες Τιμές.

4.6 Ηδονική Μέθοδος & Ηδονικοί Δείκτες

Στις προηγούμενες ενότητες περιγράψαμε την μέθοδο με την οποία κατασκευάζεται ο ηδονικός δείκτης τιμών μιας υπηρεσίας. Στις ηδονικές μελέτες μπορεί κάποιος να προσαρμόσει τις τιμές μιας υπηρεσίας για την ποιότητα και όχι την ποσότητα της. Αυτά βασίζονται στους συντελεστές που παίρνουν μέρος 44 στα χαρακτηριστικά των προϊόντων σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους, t και $t+1$. Οι συντελεστές μπορούν να εκτιμηθούν χωριστά για κάθε χρονικό διάστημα αξιολόγησης ή να εξεταστούν οι παρατηρήσεις των δύο ή όλων των περιόδων

μαζί και να υπολογίσουν ένα κοινό σύνολο των συντελεστών με σκοπό να αποκαλυφθεί η γενική τάση.

Οι ηδονικές μέθοδοι είναι πολύ γρήγορο να εφαρμοστούν αλλά το μειονέκτημα είναι ότι ο δείκτης τιμών μπορεί να αλλάξει ακόμη και αν δεν υπάρξουν νέα προϊόντα ή ακόμη και αν όλες οι τιμές παραμείνουν οι ίδιες. Μεταξύ των θετικών στοιχείων της ηδονικής μεθόδου τιμολόγησης είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των τιμών με βάση τις πραγματικές επιλογές και την ευελιξία της, δεδομένου ότι μπορεί να προσαρμοστεί για να εξετάσει διάφορες πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αγαθών της αγοράς και της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Οι ηδονικοί δείκτες τιμών χρησιμοποιούνται συνήθως ως προσεγγίσεις για να βρεθεί πόσα χρήματα θα χρειαστεί ο καταναλωτής κατά την περίοδο $m + 1$ σχετικά με το ποσό των χρημάτων που απαιτούνται την περίοδο m , διατηρώντας το ίδιο επίπεδο χρησιμότητας. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να προσδιοριστεί το προφίλ του καταναλωτή και η αντίδραση του σε μία ποικίλη και ταχύτατα μεταβαλλόμενη προμήθεια προϊόντων. Το κύριο πρόβλημα προς αυτή την κατεύθυνση είναι ότι κάθε καταναλωτής έχει πιθανώς διαφορετικές ανάγκες και απαιτήσεις. Δεν έχει σημασία τι προφίλ θα αποφασιστεί, θα είναι μια υπόθεση που θα αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο μοντέλο. Επιπρόσθετα η επιθυμία του καταναλωτή δεν είναι σταθερή, κάτι πολύ λογικό δεδομένου ότι υπάρχει μεγάλη προσφορά καθώς η τεχνολογία γίνεται φθηνότερη και πιο ελκυστική.

Όπως είδαμε και στις προηγούμενες ενότητες μια ηδονική συνάρτηση $f(X)$, συσχετίζει έναν αριθμό χαρακτηριστικών του προϊόντος με την αντίστοιχη τιμή ως εξής:

$$P_i = f(X_i) \quad (4.2)$$

όπου P_i είναι η τιμή μιας ποικιλίας (ή ενός μοντέλου) i του εξεταζόμενου προϊόντος και X_i είναι το διάνυσμα των χαρακτηριστικών που σχετίζεται με το συγκεκριμένο μοντέλο.

Στην συνέχεια η ηδονική συνάρτηση χρησιμοποιείται για έναν αριθμό διαφορετικών χαρακτηριστικών μεταξύ των ποικιλιών του προϊόντος και υπολογίζεται ο δείκτης τιμών. Μόλις τα χαρακτηριστικά καθοριστούν για N ποικιλίες του προϊόντος (ή της υπηρεσίας) οι ακόλουθες εξισώσεις πρέπει να αξιολογηθούν:

$$P_i = b_0 + b_1 \cdot X_{1i} + b_2 \cdot X_{2i} + e_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (4.3)$$

όπου b_1 είναι οι συντελεστές παλινδρόμησης που πρέπει να υπολογιστούν και e_i είναι το κατάλοιπο της παλινδρόμησης. Σε κάποιες περιπτώσεις αντί για την πραγματική αξία υπολογίζεται ο φυσικός λογάριθμος (\ln) της τιμής.

Στην περίπτωση που οι τιμές διαρκούν ανάμεσα σε δύο (ή περισσότερες) χρονικές περιόδους m και $m + 1$, οι εξισώσεις που πρέπει να αξιολογηθούν είναι:

$$P_{im} = b_0 + b_1 \cdot X_{1i} + b_2 \cdot X_{2i} + e_{im}, i = 1, \dots, N \quad (4.4) \text{ και } P_{im+1} = b_0 + b_1 \cdot X_{1i} + b_2 \cdot X_{2i}$$

$$+ e_{mi+1}, i = 1, \dots, N \quad (4.5)$$

Η σημασία του δείκτη τιμών είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει τις προτεινόμενες τιμές για συνδυασμούς των χαρακτηριστικών που δεν είχαν συμπεριληφθεί ή δεν ήταν διαθέσιμα όταν ο δείκτης κατασκευάστηκε.

Οι επιχειρηματικές εφαρμογές στο διαδίκτυο έχουν αυξήσει σημαντικά τη μεταβλητότητα του φόρτου εργασίας και την ποσότητα καθώς ο αριθμός των χρηστών/πελατών συχνά μεγαλώνει και μικραίνει σε διάφορους ρυθμούς και χρόνους. Τέτοια χαρακτηριστικά εφαρμογών απαιτούν όλο και περισσότερο την ανάγκη για ευέλικτη αλλά ανέξοδη υπολογιστική υποδομή για να φιλοξενήσει αυτό το μεταβλητό φόρτο εργασίας. Το κατά ζήτηση (on-demand) και ανά χρήση (per-use) μοντέλο του υπολογιστικού νέφους, ειδικά εκείνο της δημόσιας προσφοράς υπηρεσιών υποδομής του υπολογιστικού νέφους (Cloud Infrastructure Service Offerings-CISOs) εξελίχθηκε γρήγορα και υιοθετήθηκε από την πλειοψηφία των εταιριών του υλικού και λογισμικού των ηλεκτρονικών 46 υπολογιστών με την υπόσχεση της πρόβλεψης χρησιμότητας όπως οι υπολογιστικοί πόροι σε μαζικές οικονομίες κλίμακας [18]. Ωστόσο η ανάπτυξη επιχειρηματικών εφαρμογών στις υποδομές του δημόσιου υπολογιστικού νέφους δεν οδηγεί στην επίτευξη των επιθυμητών οικονομικών και ελαστικών κερδών και ορισμένες από τις προκλήσεις μπλοκάρουν το δρόμο για την υλοποίηση των πραγματικών οφελών του. Οι προκλήσεις αυτές είναι λόγω των πολλαπλών διαφορών μεταξύ των CISOs και των απαιτήσεων εφαρμογής και των χαρακτηριστικών του.

Λόγω των τεράστιων επιχειρηματικών δυνατοτήτων και των ευκαιριών του, το επιχειρηματικό μοντέλο του υπολογιστικού νέφους, ειδικά εκείνες των IaaS, έχει προσελκύσει ένα μεγάλο αριθμό οργανισμών όπως τους Amazon, Rackspace, GoGrid, Joyent και ElasticHosts για την παροχή υπηρεσιών υπολογιστικής υποδομής. Αυτούς τους οργανισμούς τους ονομάζουμε public Cloud Infrastructure Service Providers (CISPs) και τις προσφορές τους public Cloud Infrastructure Service Offerings (CISOs). Οι καταναλωτές του υπολογιστικού νέφους όπως οι μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις ή οργανώσεις μπορούν να μειώσουν σε μεγάλο βαθμό το λειτουργικό κόστος και να αυξήσουν την επιχειρηματική ευελιξία και ευκινησία κατά την ανάπτυξη των εφαρμογών τους στις CISOs.

Κεφάλαιο 5^ο

5.1 Price bundling (ομαδοποίηση τιμών)

Price bundling (ομαδοποίηση τιμών) είναι μια στρατηγική τιμολόγησης που διαθέτει στην αγορά δύο ή περισσότερα προϊόντα ή υπηρεσίες ως ειδικές τιμές πακέτου. Όταν χρησιμοποιείται η ομαδοποίηση των τιμών, οι πάροχοι επιδιώκουν να αυξήσουν τα κέρδη τους μέσω της διαφοροποίησης των τιμών, μοιράζοντας αυτές στους πελάτες και επίσης να συγκαλύψουν τις τιμές των χαρακτηριστικών του πακέτου [10].

Η ομαδοποίηση των τιμών θα πρέπει να χρησιμοποιείται εάν τα μεταβλητά κόστη είναι κοντά στο μηδέν ή τουλάχιστον σχετικά χαμηλά σε σύγκριση με την προθυμία των πελατών να πληρώσουν. Η ομαδοποίηση των τιμών είναι ευνοϊκή αν τα προϊόντα του πακέτου αλληλοσυμπληρώνονται. Οι πάροχοι μπορούν να επωφεληθούν από τη χρήση της ομαδοποίησης των τιμών, εφόσον επιτύχουν την αποφυγή των υπηρεσιών τους από το να είναι συμβατές με τις υπηρεσίες άλλων εταιρειών. Η ομαδοποίηση για τις IaaS υπηρεσίες διαφέρει από την ομαδοποίηση που αναφέρθηκε προηγουμένως. Μια κοινή παραδοχή είναι ότι ένας πελάτης χρησιμοποιεί μόνο μία μονάδα ενός προϊόντος μέσα σε ένα πακέτο. Σε αντίθεση με τις IaaS, η ποσότητα του κάθε χαρακτηριστικού μπορεί να ποικίλει εντός της δέσμης και τουλάχιστον μία μονάδα από κάθε χαρακτηριστικό της υπηρεσίας απαιτείται για να δημιουργήσει μια ουσιαστική υπηρεσία[10].

5.2 Ομαδοποίηση πόρων στο υπολογιστικό νέφος και προδιαγραφές (Cloud resources bundling and specifications)

Οι CISPs προσφέρουν διαφορετικές "δέσμες" (bundles) υπηρεσιών υποδομής υπολογιστικού νέφους, όπως cloud servers, cloud storage και internet/network resources. Τα cloud server bundles είναι ο βασικός πυρήνας υπηρεσιών, δεδομένου ότι προσφέρει δυνατότητες επεξεργασίας και ως εκ τούτου οι CISPs τις προσφέρουν σε διαφορετικά (λεπτομερειακά) επίπεδα που συνδυάζουν διαφορετικούς υπολογιστικούς πόρους, όπως η μονάδα επεξεργασίας, η μνήμη, ο δίσκος και/ή το εύρος ζώνης του δικτύου. Μια μεταβολή της

χωρητικότητας σε έναν ή περισσότερους πόρους στα αποτελέσματα της "δέσμης" καταλήγει σε αυτό που ονομάζεται παράδειγμα server instance, class or size[18].

Αντίθετα με τους περισσότερους CISPs που έχουν συγκεκριμένο αριθμό παραδειγμάτων προσφορών, οι ElasticHosts και Cloud-Sigma, επιτρέπουν στους καταναλωτές του cloud να προσαρμόζουν τους cloud servers μεταβάλλοντας την CPU, την RAM, τον δίσκο και την μεταφορά δεδομένων/διαθέσιμου εύρους ζώνης σε πολύ λεπτομερειακά επίπεδα. Το "πακετάρισμα" των πόρων στο cloud και οι τύποι παραδειγμάτων είναι σημαντικές πτυχές των CISOs, καθώς θα μπορούσαν να επηρεάσουν την οικονομία μιας εφαρμογής και την επεκτασιμότητα σε μια cloud υποδομή. Ορισμένες δέσμες των cloud servers περιορίζονται σε κάποιο συγκεκριμένο τύπο υπολογιστικών πόρων τα οποία διαφέρουν μεταξύ των CISPs. Εάν ένας φόρτος εργασίας μιας εφαρμογής έχει μεταβλητή CPU και I / O απαιτήσεις, τότε προσθέτοντας νέες παρουσίες cloud servers θα βελτιώναν μόνο τους πόρους της CPU και της μνήμης RAM και πρόσθετοι πόροι του δικτύου θα πρέπει να ανοικιάζονται και τα διαχειρίζονται χωριστά. Την ίδια στιγμή οι περισσότερες μονάδες ενός πακέτου υπολογιστικών πόρων θα μπορούσαν να είναι περιοριστικές για τον φόρτο εργασίας ορισμένων εφαρμογών. Έτσι οι καταναλωτές περιορίζονται με τα πακέτα των πόρων σε περιπτώσεις διακομιστών και δεν είναι σε θέση βελτιώσουν συγκεκριμένους πόρους [18].

Ένα άλλο θέμα σχετικό με τη διασπορά των δεσμών είναι η δυνατότητα να επιλέγεις την καταλληλότερη μερίδα των τύπων των πόρων σε μια δέσμη. Η υπολογιστική χωρητικότητα των πόρων που περιλαμβάνεται σε δέσμες υπηρεσιών έχει συχνά παρόμοιες αναλογίες. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του φόρτου εργασίας, ορισμένες εφαρμογές απαιτούν περισσότερη αναλογία στην χωρητικότητα των πόρων από άλλες πηγές. Για παράδειγμα εφαρμογές βάσεων δεδομένων και εφαρμογές προσωρινής αποθήκευσης της μνήμης, π.χ., οι εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης, απαιτούν μεγαλύτερη χωρητικότητα μνήμης RAM κατ' αναλογία με την ικανότητα της CPU.

Οι cloud καταναλωτές χρειάζονται πρότυπα και μετρήσεις για τη μέτρηση του επιπέδου της προσαρμοστικότητας των "δεσμών" των υπολογιστικών πόρων και της χωρητικότητας από διαφορετικούς CISPs και να αξιολογούν τις επιπτώσεις τους, για την μέτρηση της ευελιξίας και του κόστους αποτελεσματικότητας της χρησιμοποίησης των πόρων με βάση τα χαρακτηριστικά του φόρτου εργασίας τους.

Τέλος ένα άλλο σημαντικό ζήτημα που σχετίζεται με τις CISOs είναι οι διαφορετικές μετρήσεις που χρησιμοποιούνται από τους CISPs ώστε να εκφράσουν την χωρητικότητα/ικανότητα των προσφερόμενων υπολογιστικών πόρων τους. Επιπλέον οι προδιαγραφές, ο τύπος και η πολιτική του virtualization / allocation των υπολογιστικών πόρων συχνά διαφέρουν από τον ένα CISP στον άλλο. Για παράδειγμα ενώ η Amazon εκφράζει την επεξεργαστική ισχύ σε σχέση με τον αριθμό των Elastic Compute Cloud (EC2) Compute Units

(ECU), οι GoGrid και Rackspace χρησιμοποιούν τον αριθμό των εικονικών πυρήνων (Virtual Cores) [18].

5.3 Προϊόντα τιμολόγησης στις IaaS υπηρεσίες

Διαφορετικοί πόροι υλικού παρέχονται μέσω των IaaS υπηρεσιών του υπολογιστικού νέφους. Παρακάτω ακολουθούν κάποια παραδείγματα πόρων που περιλαμβάνουν τα μοντέλα χρέωσης [24]:

- CPUs: Οι CPUs διαφοροποιούνται από την ισχύ και τον αριθμό των CPU πυρήνων και κατά συνέπεια βάσει τιμής. Η ισχύς της CPU μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με τη ζώνη ώρας, π.χ. στατική (με βάση τις ώρες αιχμής και τις ώρες εκτός αιχμής των πόρων) ή δυναμική όπου η τιμή καθορίζεται από τη ζήτηση της στιγμής. Ένα ακραίο παράδειγμα αυτής της έννοιας είναι μια αμφίδρομη διαπραγμάτευση των τιμών μεταξύ αγοραστή και πωλητή, όπου ο αγοραστής δηλώνει την τιμή που είναι πρόθυμος να πληρώσει ανά μονάδα και ο πωλητής μπορεί να την δεχθεί ή να αρνηθεί.

- Server type: Επειδή η ίδια η CPU μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε ένα server χαμηλού κόστους ή σε ένα κορυφαίο server με υψηλή διαθεσιμότητα και σημαντικά διαφορετικό κόστος, η τιμή για τον πελάτη πρέπει να αντικατοπτρίζει αυτή την μεταβολή.

- System administration: Ο ίδιος τύπος πόρου server μπορεί να χρεώνεται με διαφορετικό ρυθμό ανάλογα με το λειτουργικό σύστημα (π.χ. Windows ή Linux).

- Storage: Διαφορετική χωρητικότητα αποθήκευσης είναι διαθέσιμη καθώς και διάφοροι τύποι αποθήκευσης αντικατοπτρίζουν διαφορετικές τιμές από τους προμηθευτές αποθήκευσης. Η ίδια μεταβλητότητα υπάρχει όπως στην περίπτωση των CPUs. Για παράδειγμα, το κόστος για το 1GB ποικίλει ανάλογα αν αυτό παρέχεται σε μία χαμηλή ή υψηλή τερματική μονάδα.

- Disaster recovery: Αυτό περιλαμβάνει το χρονικό διάστημα εντός του οποίου οι SaaS υπηρεσίες θα πρέπει να είναι διαθέσιμες σε περίπτωση που συμβεί μια καταστροφή σε ένα κέντρο δεδομένων από το οποίο παρέχονται 50 οι SaaS υπηρεσίες. Για σύντομο χρονικό διάστημα μπορεί να χρειάζεται μια δραστική ενεργή ανάπτυξη σε δύο κέντρα δεδομένων.

- Other: Χρεώσεις για χώρο, ισχύ, χωρητικότητα δικτύου, ασφάλεια, λειτουργικό σύστημα και ούτω καθεξής αναπτύσσονται στην τιμολόγηση της υποδομής.

- Service level agreements (SLAs): Αν η υψηλή διαθεσιμότητα αποτελεί μέρος της συμφωνίας, οι SLAs μπορεί να επηρεάσουν την τιμή. Η χρέωση για τις IaaS υπηρεσίες μπορεί να γίνει με βάση την ποσότητα και την ποιότητα των πόρων υποδομής που παρέχονται.

5.4 Κατασκευή δείκτη τιμών για την υπηρεσία υποδομής του υπολογιστικού νέφους

5.4.1 Clouddorado

Η συλλογή των δεδομένων βασίστηκε στο Clouddorado [19], μια υπηρεσία σύγκρισης των τιμών των παρόχων του υπολογιστικού νέφους. Θα μπορούσε επίσης να αναφέρεται και σαν κομπιουτεράκι τιμών για πολλαπλούς cloud hosting παρόχους (πάροχοι φιλοξενίας υπολογιστικού νέφους) δεδομένου ότι η σύγκριση γίνεται υπολογίζοντας τις τιμές για το σύνολο των αναγκών του κάθε server χωριστά. Επικεντρώνεται σήμερα στους IaaS παρόχους παρέχοντας ομαδοποιημένη τιμολόγηση (pricing bundling). Βάσει του Clouddorado δεν υπάρχει φθηνότερος πάροχος στο cloud computing. Κάθε cloud hosting πάροχος έχει διαφορετικά μοντέλα τιμολόγησης, διαφορετική σχέση μεταξύ των πόρων, διαφορετικά πακέτα και ούτω καθεξής. Χρησιμοποιώντας κάποιος το Clouddorado μπορεί γρήγορα να αντιληφθεί ότι ένας πάροχος που είναι φθηνότερος για έναν cloud server θα μπορούσε να είναι ο πιο ακριβός για έναν άλλο. Η τιμή είναι πολυδιάστατη συνάρτηση όπου εννιά τουλάχιστον παράγοντες μπορούν να ληφθούν υπόψη [19].

5.4.2. Cloud IaaS providers

Προκειμένου να κατασκευαστεί ο δείκτης τιμών για τις IaaS υπηρεσίες του cloud computing, συλλέχθηκαν 2354 πακέτα τιμών από 24 παρόχους χρησιμοποιώντας το Clouddorado.

Οι πάροχοι εμφανίζονται στον παρακάτω :

<i>Πίνακας 1</i>	Cloud providers	
KAMATERA		GOOGLE
WINDOWS AZURE		CLOUD SIGMA
AMAZON WEB SERVICES		STORM
DIMENSION DATA		ELASTIC HOSTS
E24CLOUD		ACCESS
HYVE		STORM SERVER LIQUID WEB
EXOSCALE		M5 HOSTING

Πίνακας 1: Cloud IaaS Providers

Η πιο δημοφιλής γεωγραφική ήπειρος για τους παρόχους είναι η Βόρεια Αμερική όπου εκεί προσφέρουν τις υπηρεσίες τους οι 11 από τους 14 παρόχους, ακολουθεί η Ευρώπη με 10 παρόχους, η Ασία με 9 και η Νότια Αμερική με 3. Τέλος η Αφρική έρχεται τελευταία με μόλις 1 πάροχο. Όσον αφορά τους παρόχους δεν μας ενδιαφέρουν όλα τα παραπάνω παρά μόνο μία προσφορά των IaaS υπηρεσιών τους σε όλες τις ηπείρους. Ακολουθούνται από δύο παρόχους που προσφέρουν τις υπηρεσίες τους σε όλες τις ηπείρους εκτός από την Αφρική, μια ήπειρο στην οποία μόνο ένας πάροχος είναι ενεργός. Είναι ενδιαφέρον να αναφέρουμε ότι από τις περίπου 2.300 ομάδες τιμών, μόνο οι 280 προσφέρονται από τους 3 πιο δημοφιλείς παρόχους, οι οποίοι παρέχουν τις υπηρεσίες τους σε όλες ή σχεδόν όλες τις γεωγραφικές ηπείρους.

Ενδεικτικές τιμές εμφάνισης επιλογών για κάθε ήπειρο σε συνολικό αριθμό 15930 καταγραφών :

Βόρεια Αμερική : 5091 επιλογές

Ευρώπη : 4107

Ασία : 3109

Νότια Αμερική : 953

Αφρική : 202

5.4.3 Υλοποίηση

Τα πακέτα των τιμών από τους πόρους παρουσιάζονται στον Πίνακας 2. Τα χαρακτηριστικά αυτά συμμετέχουν ως μεταβλητές στο ηδονικό μοντέλο τιμολόγησης και

αντιστοιχούν στις IaaS υπηρεσίες που προσφέρονται από τους παρόχους του υπολογιστικού νέφους, οι οποίοι χρησιμοποιούν διαφορετικά μοντέλα τιμολόγησης.

Characteristic	Description	Values
CPU	Ισχύς CPU	2,4,8,16,32,48,64
STORAGE	Μετράται σε GB	500,1000,2000, 5000,10000
RAM	Μέγεθος RAM σε GIGABYTES (GB)	2,4,8,16,64, 128,256
OPERATING SYSTEM	Λειτουργικό Σύστημα	W=1/ L=0
TRANSFER IN	Ο αριθμός των bytes που λαμβάνονται από το INTERNET ανά μήνα (GB)	1000
TRANSFER OUT	Ο αριθμός των bytes που στέλνονται από τον server στο Internet ανά μήνα (GB)	5, 10000
SUBSCRIPTION	Η συνδρομή που κάνει ο κάθε καταναλωτής στον CISP	N=0 (χωρίς συνδρομή) , γ=1 γ=3 (σε χρόνια)
REGION	Περιοχή παροχής της υπηρεσίας του Cloud Server	Ευρώπη, Βόρεια Αμερική, Νότια Αμερική, Ασία, Αφρική
PRICE	Η τιμή της υπηρεσίας	Δολάρια \$

Πίνακας 2: IaaS characteristics

Η μελέτη και η συλλογή των δεδομένων ξεκίνησε επιλέγοντας συγκεκριμένες υπολογιστικές απαιτήσεις (π.χ. 2xCPU, 1GB RAM, 50GB Storage, 5GB Transfer-Out, Linux), όμως δεδομένου ότι πολλοί πάροχοι (π.χ. Amazon, Rackspace, GoGrid) χρησιμοποιούν ομαδοποιημένες τιμές, κάθε φορά επιλεγόταν το καλύτερο πακέτο των πόρων που ήταν πιο κοντινό στις ανάγκες του κάθε πελάτη. Οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ \$31 και \$3.318 ανά μήνα και είναι αισθητές οι διαφοροποιήσεις των τιμών από την ύπαρξη συνδρομής. Η παράμετρος του λειτουργικού συστήματος (Operating System, OS) και τα χαρακτηριστικά της συνδρομής είναι ψευδομεταβλητές. Στην συνδρομή η τιμή 0 αντιστοιχεί όταν δεν υπάρχει συνδρομή ενώ οι τιμές 1 και 3 αναφέρονται στα χρόνια της συνολικής συνδρομής. Οι τιμές για το λειτουργικό σύστημά παίρνουν την τιμή 1 για το Windows και την τιμή 0 για Linux.

Βέβαια υπήρχαν και άλλα χαρακτηριστικά τα οποία συμμετείχαν στην κατασκευή του price bundling, όπως το Transfer In (ο αριθμός των bytes ανά μήνα που λαμβάνονται στον server από το internet) και το Transfer out (του συνόλου των bytes που αποστέλλονται στο internet) . Η αξία του Transfer In χαρακτηριστικού δεν συνεισφέρει σε ουσιαστικό επίπεδο στον σχηματισμό των "ομάδων τιμολόγησης", διότι πολλοί πάροχοι του υπολογιστικού νέφους, όπως

η Amazon και το ecloud24, χρεώνουν τους πελάτες μόνο για την εξερχόμενη κυκλοφορία και οι υπόλοιποι την συμπεριλαμβάνουν σαν ένα μικρό ποσό στην συνολική τιμή των υπηρεσιών τους. Σημειώνεται λοιπόν ότι η τιμή transfer in παρέμεινε σταθερή στο μεγαλύτερο ποσοστό των πολλαπλών επιλογών που ασχοληθήκαμε. Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Minitab, ένα ισχυρό στατιστικό πακέτο λογισμικού [22].

Τα αποτελέσματα της ηδονικής μεθόδου τιμολόγησης συνοψίζονται στον Πίνακα 3.

Συντελεστές	Αξία	p-τιμή
Constant	-141.3*	0
CPU	30.187*	0
STORAGE	0.07234*	0
RAM	4.1026*	0
TRANSFER OUT	0.08965*	0
SUBSCRIPTION	-13.27**	0.03
OS	9.2*	0

Πίνακας 3: Αποτελέσματα της ηδονικής μεθόδου τιμολόγησης

*P- value <0.001

**p-value<0.05

All parameters are significant and contribute to the shaping of the price.

Επομένως η ηδονική εξίσωση παλινδρόμησης παίρνει την παρακάτω μορφή :

$$\text{price} = -141.3 + 30.187 \text{ cpu} + 0.07234 \text{ storage} + 4.1026 \text{ ram} + 0.08965 \text{ transfer out} - 13.27 \text{ subscription} + 9.2 \text{ os} \quad (5.1)$$

Ο συντελεστής παλινδρόμησης υπολογίζει τη μέση αλλαγή στην εξαρτημένη μεταβλητή για κάθε μονάδα αλλαγής στη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή, έχοντας όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες μεταβλητές σταθερές [15]. Στην εξίσωση (5.1) η αξία του συντελεστή παλινδρόμησης μπροστά από κάθε μεταβλητή, δείχνει την αλλαγή της τιμής του δείκτη τιμών, όταν κάθε μια ανεξάρτητη μεταβλητή αυξάνεται κατά μία μονάδα. Για παράδειγμα όταν η μεταβλητή Storage αυξηθεί κατά 1GB, εκτιμάται ότι ο δείκτης αυξάνει κατά \$0.07234 . Στον Πίνακα 3 παρατηρείται ότι όλες οι παράμετροι είναι σημαντικές 54 και συμβάλλουν στη διαμόρφωση της τιμής. Η συνδρομή είναι η παράμετρος που συμβάλλει περισσότερο στο δείκτη τιμών, ενώ τη μεγαλύτερη σημασία όσων αφορά τη διαμόρφωση της τιμής, την έχει η CPU με συντελεστή 30.187. Η υψηλή τιμή της σταθεράς, η οποία αντιπροσωπεύει μια σταθερή μηνιαία χρέωση δείχνει ότι η συνδρομή είναι μια κρίσιμη παράμετρος, με μεταβλητή κοντά στο 13. Σημαντικότερη φαίνεται πως είναι και η τιμή της μεταβλητής του λειτουργικού συστήματος καθώς η τιμή 9.2, μόνο αμελητέα δεν είναι, σε αντίθεση με τις μεταβλητές των transfer out και

storage, όπου η οποιαδήποτε αλλαγή τους φαίνεται να μην επηρεάζει σχεδόν καθόλου την τελική αξία του cloud server. Τέλος, σημαντική αλλαγή φέρει και η μεταβλητή της RAM οποία έχει την τιμή 4.1026.

Η αξία του συντελεστή αποφασιστικότητας (Coefficient of Determination) R^2 είναι 82.56 % γεγονός που αποδεικνύει πως η εξίσωση είναι αρκετά αποδοτική στο να αφομοιώσει οποιαδήποτε αλλαγή στα χαρακτηριστικά του υπολογιστικού νέφους. Παρότι συλλέχτηκαν αρκετά δεδομένα, δεν παρατηρήθηκε σταθερή τιμή, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη διασπορά μεταξύ των παρόχων.

Η p -τιμή για κάθε συντελεστή ελέγχει την μηδενική υπόθεση ο συντελεστής να είναι ίσος με 0 (καμία επίδραση). Μια χαμηλή p -τιμή (<0.05) δείχνει ότι μπορεί να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση. Δηλαδή ο συντελεστής που έχει χαμηλή p -τιμή είναι πιθανό να είναι πολύ σημαντικός για το μοντέλο μας, διότι οι αλλαγές στην τιμή του συντελεστή σχετίζονται με τις αλλαγές στον δείκτη τιμών. Αντίθετα μεγάλη p -τιμή υποδεικνύει ότι αλλαγές στον συντελεστή δεν σχετίζονται με τις αλλαγές του δείκτη τιμών.

Κεφάλαιο 6^ο

Συμπεράσματα

Η ηδονική μέθοδος τιμολόγησης χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία, προκειμένου να αναπτυχθεί ένας δείκτης τιμών για τις Infrastructure as a Service υπηρεσίες του cloud computing. Η αξιολόγηση της μεθόδου βασίστηκε στο γραμμικό ηδονικό μοντέλο και τα δεδομένα που συλλέχθηκαν για συνολικά 14 παρόχους αντιστοιχούν σε περισσότερα από 15900 πακέτα τιμών.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι εκτός από τη σταθερή παράμετρο που δείχνει τη σημασία της συνδρομής κάτι το οποίο υποστηρίζεται επίσης από την υψηλή τιμή της παραμέτρου συνδρομής, το μέγεθος της CPU είναι επίσης ουσιαστικής σημασίας και σπουδαιότητας, ενώ οι τιμές της RAM, του subscription και του λειτουργικού συστήματος, επιδρούν μεν αλλά όχι σημαντικά στη διαμόρφωση της τελικής τιμής. Αντίθετα οι παράμετροι της αποθήκευσης και του Transfer Out φαίνεται να επηρεάζουν λιγότερο την διαδικασία τιμολόγησης.

Οι περιορισμοί που υπάρχουν σε αυτή την εργασία και οι οποίοι αναφέρθηκαν προηγουμένως υποδεικνύουν οδηγίες για μελλοντική έρευνα. Μεταξύ αυτών είναι η χρήση των μη γραμμικών λειτουργικών μορφών στην ηδονική σύνθεση επιδιώκοντας να βελτιώσουν την

ακρίβεια του δείκτη τιμών και η έλλειψη γραφημάτων καταλοίπων τα οποία θα βοηθούσαν σημαντικά στην διατύπωση του αποτελέσματος. Σημαντική εντύπωση προξένησε η μεγάλη διαφορά σε πλήθος επιλογών ανά τις ηπείρους παγκοσμίως.

Η κατασκευή των δεικτών τιμών για τα άλλα δύο μοντέλα του cloud computing, δηλαδή το Λογισμικό ως υπηρεσία (SaaS) και την Πλατφόρμα ως υπηρεσία (PaaS) είναι άλλη επίσης μια ενδιαφέρουσα έρευνα.

Σε κάθε περίπτωση, η ύπαρξη ενός δείκτη τιμών για τις υπηρεσίες του υπολογιστικού νέφους μπορεί να παρέχει πολύ χρήσιμες πληροφορίες όχι μόνο με τα συστήματα τιμολόγησης αλλά και όσον αφορά την αγορά του ίδιου του υπολογιστικού νέφους και θα μπορούσε να προτείνει βέλτιστες προσεγγίσεις τιμολόγησης των υπηρεσιών του.

Βιβλιογραφία

- [1]. European Union [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-12-713 el.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-12-713_el.htm)
- [2]. National Institute of Standards and Technology, "NIST Definition of Cloud Computing," www.nist.gov/itl/cloud/upload/cloud-def-v15.pdf , accessed December 2011.
- [3]. Cloud Security Alliance, 2009 <https://cloudsecurityalliance.org/csaguide.pdf>
- [4]. [<http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/cloud-bursting>
- [5]. Al-Roomi, M., Al-Ebrahim, S., Buqrais, S. and Ahmad, I. (2013) 'Cloud Computing Pricing Models: A Survey', International Journal of Grid & Distributed Computing, Vol.6, No.5
- [6]. B. Sharma, R. K. Thulasiram, P. Thulasiraman, S. K. Garg and R. Buyya, (2012) "Pricing Cloud Compute Commodities: A Novel Financial Economic Model", Proc. of IEEE/ACM Int. Symp. on Cluster, Cloud and Grid Computing.
- [7]. Danamma M.Bulla, V R.Udupi,(2014) ' Cloud Billing Model: A Review ' , (IJCSIT) International Journal of Computer Science and Information Technologies, Vol. 5 (2)
- [8]. M. Mihailescu and Y. M. Teo, (2010)"Dynamic Resource Pricing on Federated Clouds", Proc. 10th IEEE/ACM Int. Symp. on Cluster. Cloud and Grid Computing,
- [9]. C. S. Yeo, S. Venugopal, X. Chua and R. Buyya, (2010) "Autonomic Metered Pricing for a Utility Computing Service", Future Generation Computer Syst., vol. 26, no. 8,
- [10]. Siham, E. K., Schlereth, C. and Skiera, B. (2012) 'Price comparison for infrastructure as-a-service' in: Proceedings of the 20th European Conference on Information Systems, Barcelona, Spain
- [11]. Triplett, J. E. (2004) Handbook on hedonic indexes and quality adjustments in price indexes, science, technology and industry working papers, OECD publishing.
- [12]. Q. Zhang, L. Cheng, R. Boutaba, (2010), "Cloud computing: state-of-the-art and research challenges". Journal of Internet Services and Applications, Springer, April 2010, 1: 7-18.

[13]. Cody S. Ding, (2006) "Using Regression Mixture Analysis in Educational Research", Practical Assessment, Research & Evaluation; 2006, Vol. 11, p1

[14]. http://www.actuar.aegean.gr/notes/SPSS_lesson9-10.pdf

[15]. John E. Hanke , Dean W. Wichern, (2008) "Business Forecasting (9th Edition)", Pearson International Edition

[16]. Allen C. Goodman , (1998) "Andrew Court and the Invention of Hedonic Price Analysis", JOURNAL OF URBAN ECONOMICS 44, 291-298.

[17]. Rosen, S. (1974). "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition" Journal of Political Economy, 82(1), 34-55

[18]. Basem Suleiman, Sherif Sakr, Ross Jeffery ,Anna Liu, (2011) "On understanding the economics and elasticity challenges of deploying business applications on public cloud infrastructure" Journal of Internet Services and Applications, September 2012, Volume 3, Issue 2, pp 173-193

[19]. <https://www.cloudorado.com>

[20]. <http://en.wikipedia.org/>

[21]. <http://www.opexresources.com/index.php/free-resources/articles/analysisof-residuals-explained>

[22]. <http://blog.minitab.com/>

[23]. Ball and Allen (2003), 'The Introduction of Hedonic Regression Techniques for the quality adjustment of computing equipment in the Producer Prices Index (PPI) and Harmonised Index of Consumer Prices (HICP)'. Economic Trends No. 592 pp 30–36

[24]. CGI. Cloud billing: The missing link for cloud providers. White Paper <http://www.cgi.com/files/white-papers/billing-in-the-cloud-e.pdf>