



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ
ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

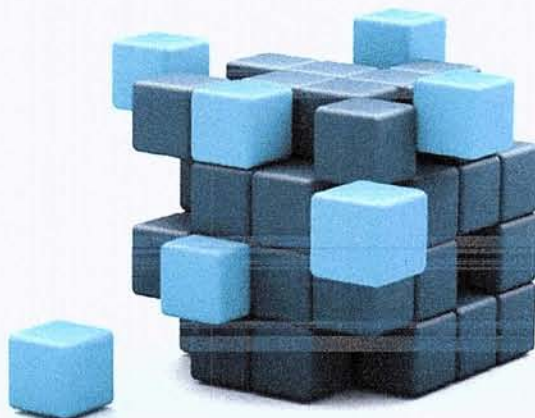
«Αξιολόγηση Επιδόσεων Υποδομών Cloud Computing»

ΤΣΑΜΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων

ΛΟΥΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ



Λαμία, 2018

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο **«Αξιολόγηση επιδόσεων υποδομών Cloud Computing»** αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική ναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο ΔΗΛΩΝ

4/7/2018
Ημερομηνία



Υπογραφή

Τριμελής Επιτροπή:

Σταμούλης Γεώργιος

Λουκόπουλος Αθανάσιος

Σανδαλίδης Χάρης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι υποδομές Cloud είναι εδώ και είναι παρούσες για να εξυπηρετήσουν την ανθρώπινη ανάγκη για κοινόχρηστη και άμεση διαμοίραση με όλους τους χρήστες, για όλους τους υπολογιστικούς πόρους, οπουδήποτε στον κόσμο και ανά πάσα στιγμή. Αυτό δημιουργεί προκλήσεις, προκλήσεις ως προς την απαιτούμενη χωρητικότητα, τη χαμηλή καθυστέρηση για εφαρμογές κρίσιμες στο χρόνο, τη διαχείριση τεράστιου αριθμού διασυνδεδεμένων πόρων, την ετερογένεια των συστημάτων, τις απαιτούμενες υψηλές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων της καλύτερη QoE, τη διαχείριση του τεράστιου όγκου δεδομένων, την ενεργειακή απόδοση, καθώς επίσης και τις ανησυχίες για την ασφάλεια και την ιδιωτική ζωή.

Κατά συνέπεια, απαιτείται να διερευνηθούν και αξιολογηθούν οι υφιστάμενοι αρχιτεκτονικοί σχεδιασμοί του Cloud, καθώς οι ανάγκες συνεχώς εξελίσσονται κι αυξάνονται και δεν είναι σε θέση να απαντήσουν στις αυστηρές απαιτήσεις εξαιτίας της ακαμψίας τους, της εξάρτησης από το υλικό και της στατικής διαμόρφωσης.

Αυτές οι ολοένα αυξανόμενες προκλήσεις απαιτούν και νέες ενισχυμένες κι επαναστατικές τεχνολογίες που θα επιτρέπουν την ευελιξία, τη δυναμική και τη δυνατότητα αξιοποίησης των υποδομών Cloud.

Το θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας αφορά κατά βάση στην αξιολόγηση επιδόσεων των υποδομών που χρησιμοποιούνται για την παροχή υπηρεσιών Cloud Computing.

Λέξεις κλειδιά: Cloud Computing, Υποδομές SaaS, PaaS, IaaS, Αξιολόγηση υποδομών, Amazon, Microsoft, Google.

Abstract in English

Cloud infrastructure is here to serve the human needs, for direct sharing among all the users, concerning computing resources, anywhere in the world and always. This creates challenges in terms of required capacity, low latency for time critical applications, management of a huge number of interconnected resources, heterogeneity of systems, high speed data transfer, best QoE, management of Big Data, energy efficiency, as well as concerns about security and privacy.

Consequently, it is necessary to investigate and evaluate Cloud's existing architectural plans as the needs evolve and grow are unable to meet the stringent demands due to their rigidity, material dependence and static configuration.

These increasing challenges demand new, enhanced and revolutionary technologies that will allow for flexibility, potential and capability of Cloud infrastructure. The subject of this diploma thesis is essentially about the evaluation of the infrastructures used to provide Cloud Computing services.

Keywords: Cloud Computing, SaaS, PaaS, IaaS, Infrastructure Assessment, Amazon, Microsoft, Google.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1	Εισαγωγή	9
2	Γενικά	10
2.1	Ιστορικά Στοιχεία	10
2.2	Τι είναι το Cloud Computing	10
2.2.1	Ορισμός Cloud Computing	11
2.2.2	Δομικά στοιχεία του Cloud Computing	11
2.3	Παραδείγματα Cloud Υπηρεσιών	13
2.4	Πλεονεκτήματα του Cloud Computing	14
3	Τύποι Υπηρεσιών στο Cloud Computing	16
3.1	Μοντέλα ανάπτυξης του Cloud Computing	17
3.2	Σημαντικές Εφαρμογές στο Cloud Computing	18
3.3	Ιδιωτικότητα και ασφάλεια στο Cloud Computing	19
3.3.1	Ακεραιότητα Δεδομένων	20
3.3.2	Εμπιστευτικότητα των δεδομένων	20
3.3.3	Διαθεσιμότητα των δεδομένων	23
4	Αξιολόγηση Επιδόσεων του Cloud Computing	24
4.1	Τεχνικές	24
4.1.1	Ορολογία	24
4.1.2	Μετρήσιμα Χαρακτηριστικά	26
4.1.3	Επιδόσεις	26
4.1.4	Τεχνολογική Εφαρμογή	27
4.2	Απόδοση των Cloud Υπηρεσιών	31
4.2.1	Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση	31
4.2.2	Κριτήρια αξιολόγησης της απόδοσης	32
4.3	Amazon vs Microsoft vs Google	33
4.3.1	Διαφοροποιήσεις Παρόχων Cloud	33
4.3.2	Υπολογιστική Ισχύς (Compute)	37
4.3.3	Αποθήκευση (Storage)	38
4.3.4	Βάση Δεδομένων (Database)	39
4.3.5	Δικτύωση και Παράδοση περιεχομένου (Networking and Content delivery)	40
4.3.6	Διαχείριση και Παρακολούθηση (Management and Monitoring)	41

4.3.7	Εργαλεία ανάπτυξης (Development tools).....	42
4.3.8	Ασφάλεια (Security)	43
4.3.9	Μερίδιο Αγοράς.....	43
4.3.10	Τιμολογιακή Πολιτική.....	45
4.4	Μετρώντας την απόδοση γνωστών παρόχων υπηρεσιών Cloud.....	46
4.4.1	Παρανοήσεις που γίνονται για την απόδοση του Cloud.....	46
4.4.2	Συνολική απόδοση των παρόχων υπηρεσιών Cloud.....	48
4.4.3	Απόδοση των VM και μεταβλητότητα στο 24-ωρο.....	48
4.4.4	Απόδοση των Block αποθήκευσης και μεταβλητότητα στο 24-ωρο.....	49
4.4.5	Απόδοση vCPU και Μνήμης.....	51
4.4.6	Απόδοση των Block αποθήκευσης.....	52
4.4.7	Απόδοση των VM ανά τύπο μηχανής.....	53
4.5	Καταγραφή και Αξιολόγηση Επιδόσεων Υποδομής Microsoft Azure για συγκεκριμένη εφαρμογή	61
5	Σύνοψη και Μελλοντική Έρευνα.....	70
5.1	Σύνοψη	70
5.2	Μελλοντική Έρευνα.....	70
6	Βιβλιογραφία	71

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1:	Διάγραμμα εξέλιξης Cloud Computing	11
Εικόνα 2:	Πάροχοι Cloud Computing.....	13
Εικόνα 3:	Τύποι υπηρεσιών στο Cloud Computing.....	16
Εικόνα 4:	Εργαλεία ανά τύπο υπηρεσιών στο Cloud Computing	17
Εικόνα 5:	Μοντέλα ανάπτυξης Cloud Computing.....	18
Εικόνα 6:	Αποθήκευση δεδομένων στο Cloud Computing	21
Εικόνα 7:	Αποθήκευση δεδομένων με κρυπτογράφηση στο Cloud Computing.....	22
Εικόνα 8:	AWS vs Azure vs Google Cloud Computing	33
Εικόνα 9:	Μερίδιο αγοράς AWS, Azure και Google [14].....	43
Εικόνα 10:	Market share παρόχων για το 2018 [14]	44
Εικόνα 11:	Τοπίο αγοράς υπηρεσιών Cloud [13]	45
Εικόνα 12:	Συνολική απόδοση παρόχων υπηρεσιών Cloud [15]	48
Εικόνα 13:	Απόδοση των VM και μεταβλητότητα στο 24-ωρο [15].....	49

Εικόνα 14: Απόδοση των Block αποθήκευσης και μεταβλητότητα στο 24-ωρο [15].	50
Εικόνα 15: Απόδοση vCPU και Μνήμης [15]	51
Εικόνα 16: Απόδοση Block αποθήκευσης (Μεγάλος Δίσκος) [15].....	52
Εικόνα 17: Απόδοση Block αποθήκευσης (Μικρός Δίσκος) [15]	52
Εικόνα 18: Απόδοση VM (Μικρά VMs) [15]	53
Εικόνα 19: Απόδοση Block Disk (Μικρά VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15].....	54
Εικόνα 20: Απόδοση Block Disk (Μικρά VMs – Μικρός Δίσκος) [15]	55
Εικόνα 21: Απόδοση Block Disk (Μεσαία VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15].....	55
Εικόνα 22: Απόδοση Block Disk (Μεσαία VMs – Μικρός Δίσκος) [15]	56
Εικόνα 23: Απόδοση Block Disk (Μεγάλα VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]	57
Εικόνα 24: Απόδοση Block Disk (Μεγάλα VMs – Μικρός Δίσκος) [15].....	58
Εικόνα 25: Απόδοση Block Disk (Πολύ Μεγάλα VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]	59
Εικόνα 26: Απόδοση Block Disk (Πολύ Μεγάλα VMs – Μικρός Δίσκος) [15].....	60
Εικόνα 27: Απόδοση υπολογιστικών πόρων διαδικτυακής εφαρμογή [16].....	62
Εικόνα 28: Καταγραφή κίνησης του δικτύου σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16].....	63
Εικόνα 29: Καταγραφή υπολογιστικής ισχύος σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16].....	64
Εικόνα 30: Καταγραφή φόρτου εργασίας σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16].....	66
Εικόνα 31: Καταγραφή χρήσης μνήμης σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16].....	67
Εικόνα 32: Καταγραφή χρήσης χώρου αποθήκευσης σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16].....	69

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Βασικές δυνατότητες φυσικών υποδομών των παρόχων Cloud	27
Πίνακας 2: Βασικές δυνατότητες λογισμικών υποδομών των παρόχων Cloud ...	29
Πίνακας 3: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud	33
Πίνακας 4: Διαφοροποίηση υποδομών για τους βασικούς παρόχους Cloud	34
Πίνακας 5: Διαφοροποίηση τεχνικών χαρακτηριστικών για τους βασικούς παρόχους Cloud [14].....	35
Πίνακας 6: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς την υπολογιστική ισχύ	37
Πίνακας 7: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς την αποθήκευση των δεδομένων	38

Πίνακας 8:	Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς τις υπηρεσίες της Βάσης Δεδομένων.....	39
Πίνακας 9:	Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς τις υπηρεσίες δικτύου δεδομένων και παράδοσης περιεχομένου	40
Πίνακας 10:	Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς τις υπηρεσίες διαχείρισης και παρακολούθησης.....	41
Πίνακας 11:	Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς τα εργαλεία ανάπτυξης	42
Πίνακας 12:	Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς την ασφάλεια	43
Πίνακας 13:	Μοντέλα τιμολόγησης.....	46
Πίνακας 14:	Απόδοση και μεταβλητότητα των παρόχων στο 24-ωρο [15].....	50
Πίνακας 15:	Απόδοση VM (Μικρά VMs) [15].....	54
Πίνακας 16:	Απόδοση Block Disk (Μικρά VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]	54
Πίνακας 17:	Απόδοση Block Disk (Μικρά VMs – Μικρός Δίσκος) [15].....	55
Πίνακας 18:	Απόδοση Block Disk (Μεσαία VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]	56
Πίνακας 19:	Απόδοση Block Disk (Μεσαία VMs – Μικρός Δίσκος) [15].....	57
Πίνακας 20:	Απόδοση Block Disk (Μεγάλα VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15].....	58
Πίνακας 21:	Απόδοση Block Disk (Μεγάλα VMs – Μικρός Δίσκος) [15]	59
Πίνακας 22:	Απόδοση Block Disk (Πολύ Μεγάλα VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15] ...	60
Πίνακας 23:	Απόδοση Block Disk (Πολύ Μεγάλα VMs – Μικρός Δίσκος) [15].....	61

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία, συντάσσεται στο πλαίσιο του ΔΠΜΣ Εφαρμογές Πληροφορικής στην Βιοιατρική. Στόχος της είναι να καταγράψει συνοπτικά και με σαφήνεια όλες εκείνες τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις επιδόσεις των συστημάτων Cloud Computing.

Η εργασία παρουσιάζει γενικά στοιχεία του Cloud Computing στο 2^ο Κεφάλαιο. Ειδικότερα παρατίθεται ο ορισμός του σύννεφου, δομικά στοιχεί που συνθέτουν το οικοσύστημα του Cloud, παραδείγματα υπηρεσιών που προσφέρονται στην αγορά και τέλος παράθεση των σημαντικότερων πλεονεκτημάτων που συναντούμε.

Στο επόμενο και 3^ο Κεφάλαιο, αναλύονται οι τύποι υπηρεσιών στο Cloud Computing, προεξάρχοντων των μοντέλων ανάπτυξης, δηλαδή του τρόπου προσέγγισης της αγοράς και των σημαντικότερων εφαρμογών που παρέχονται από τους παρόχους. Χρήζει ιδιαίτερης αναφοράς η ενότητα που ολοκληρώνει το 3^ο Κεφάλαιο και στην οποία αναλύονται έννοιες όπως η ακεραιότητα, η εμπιστευτικότητα και η διαθεσιμότητα των δεδομένων που αποθηκεύονται και επεξεργάζονται στην υποδομή του Cloud.

Το 4^ο Κεφάλαιο, παρουσιάζει και αναλύει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των επιδόσεων του Cloud. προκειμένου αυτά να λαμβάνονται υπόψη από τους ενδιαφερόμενους αγοραστές. Ειδικότερα πέραν της εκτίμησης απόδοσης των υπηρεσιών που παρέχονται αναλύεται διεξοδικά ο ανταγωνισμός των τριών σημαντικότερων παρόχων υπηρεσιών Cloud, της Amazon, της Microsoft και της Google. Παράμετροι που διερευνώνται είναι η υπολογιστική ισχύς, τα μέσα αποθήκευσης, η Βάση Δεδομένων, η υποδομή δικτύωσης, διαχείριση, παρακολούθηση και εργαλεία ανάπτυξης. Στο ίδιο κεφάλαιο παρατίθενται χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν στην αποτύπωση και καταγραφή αξιολόγησης των υπηρεσιών της πλατφόρμας Azure ως προς την χρήση μιας συγκεκριμένης διαδικτυακής εφαρμογής εξυπηρέτησης πελατών.

Τέλος η εργασία ολοκληρώνεται στο 5^ο Κεφάλαιο όπου συνοψίζονται συμπεράσματα και αναλύονται κάποιες προτάσεις μελλοντικής έρευνας πάνω στο αντικείμενο.

2 ΓΕΝΙΚΑ

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το 1963 η DARPA (Υπηρεσία Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων για την Άμυνα) χρηματοδότησε το MIT (Massachusetts Institute of Technology) για το πρόγραμμα MAC. Το πρόγραμμα περιλάμβανε την ανάπτυξη μια τεχνολογίας που θα επέτρεπε την ταυτόχρονη χρήση ενός υπολογιστή από δύο ή περισσότερους ανθρώπους.

Το 1969 ο J. C. R. Licklider βοήθησε στην ανάπτυξη του ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) μια πρώιμη μορφή του σημερινού Internet. Το όραμά του ήταν να δοθεί σε όλους τους ανθρώπους η δυνατότητα να συνδεθούν και να έχουν πρόσβαση σε προγράμματα και δεδομένα από οπουδήποτε.

Το 1970 η IBM κυκλοφόρησε ένα λειτουργικό σύστημα με την ονομασία VM το οποίο επέτρεπε σε διαχειριστές να έχουν πολλαπλά εικονικά συστήματα ή «Virtual machines» (VMs) σε ένα φυσικό κόμβο.

Το 1990 οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι άρχισαν να προσφέρουν εικονικές ιδιωτικές συνδέσεις δικτύου οι οποίες επέτρεπαν σε περισσότερους χρήστες μέσω κοινής πρόσβασης να προσπελάζουν τις ίδιες φυσικές υποδομές.

Το 2002 η Amazon δημιουργεί τα Amazon Web Services (AWS), που αποτελούσαν ένα εξελιγμένο σύστημα υπηρεσιών Cloud τόσο για την αποθήκευση όσο και για την εκτέλεση πολύπλοκων υπολογισμών, δίνοντας τη δυνατότητα ανάπτυξης εφαρμογών στους συνεργάτες της.

Το 2006 η Amazon παρουσιάζει το “Elastic Computer Cloud” (EC2) ως μια εμπορική υπηρεσία διαδικτύου. Το EC2 έδινε τη δυνατότητα σε μικρές επιχειρήσεις να ενοικιάζουν υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο, με χαμηλό κόστος, στους οποίους μπορούσαν να τρέχουν τις δικές τους εφαρμογές.

Το 2009 η Google εισέρχεται στο χώρο του Cloud Computing. Η Google παρουσιάζει το “Google App Engine” προσφέροντας χαμηλού κόστους υπολογιστική ισχύ και υπηρεσίες αποθήκευσης. Το ίδιο έκανε και η Microsoft η οποία αναγνωρίζοντας το διαδίκτυο σαν μια υποσχόμενη και εξελισσόμενη αγορά παρουσιάζει το “Microsoft Azure”.

2.2 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ CLOUD COMPUTING

Η ερώτηση για το τι ακριβώς είναι το Cloud Computing θα οδηγήσει σε πολλές και διαφορετικές απαντήσεις τόσο ως προς τα είδη όσο και ως προς τους σκοπούς που αυτό εξυπηρετεί. Για κάποιους, αυτό αναφέρεται στην πρόσβαση του λογισμικού και την αποθήκευση δεδομένων στο “σύννεφο” για άλλους στον τρόπο αναπαράστασης του Internet ή για άλλους σε ένα δίκτυο χρήσης συναφών υπηρεσιών. Παλαιότερα το Cloud Computing αναφερόταν ως Utility ή και Grid Computing, αλλά χρόνο με το χρόνο επήλθε η τεχνολογική του ωρίμανση και έγινε πιο ελκυστικό οικονομικά. Κατά βάση το

Cloud Computing αποτελεί η υπηρεσία του κλάδου των ΤΠΕ και όχι ένα μεμονωμένο προϊόν.

Το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογιών (ANIST) έχει προσδιορίσει με σαφήνεια και μεγάλη ακρίβεια τις έννοιες που συνδέονται με τον ορισμό του Cloud Computing, με τρόπο τέτοιο ώστε να δημιουργηθεί ένα πρότυπο και κοινό διάμεσο επικοινωνίας που να αποτελέσει οδηγό μιας πιο αποτελεσματικής ανταλλαγής απόψεων των ενδιαφερομένων για τις συγκεκριμένες έννοιες. Οι ορισμοί που έχει δώσει το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογιών παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες.

2.2.1 Ορισμός Cloud Computing

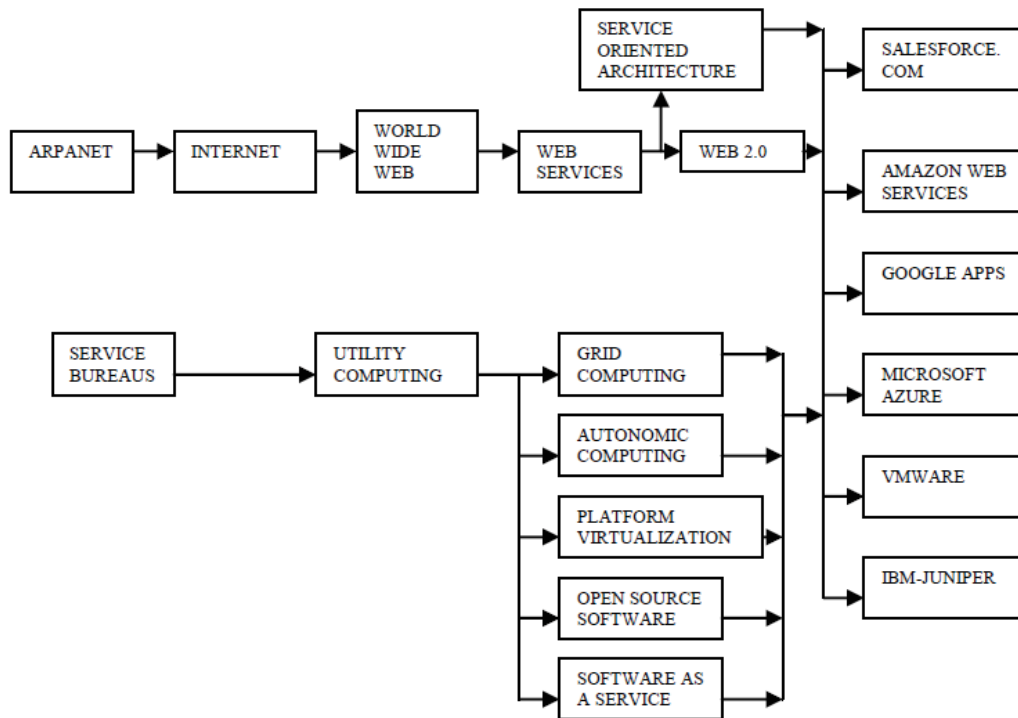
Ο ορισμός του “Cloud Computing” από το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογιών (ANIST) είναι ότι αυτό καθιστά δυνατή την προσπέλαση του διαδικτύου σε ένα σύνολο από διαμορφωμένους πόρους υπολογιστικών οντοτήτων (πχ δίκτυα δεδομένων, εφαρμογές λογισμικού και υπηρεσίες) που μπορούν να προσφερθούν άμεσα και να παραδοθούν στο χρήστη με ελάχιστη διαμεσολάβηση του πάροχου.

Με βάση αυτή την προσέγγιση, το Cloud Computing παρέχει μια βολική πρόσβαση στο δίκτυο σε μια κοινόχρηστη πισίνα από διαμορφωμένους υπολογιστικούς πόρους. Οι πόροι αυτοί αφορούν σε υπολογιστικές εφαρμογές, σε πόρους δικτύου, σε πλατφόρμες, υπηρεσίες λογισμικού, εικονικούς διακομιστές και υπολογιστική υποδομή.

2.2.2 Δομικά στοιχεία του Cloud Computing

Το Cloud Computing εξελίχθηκε με το πέρασμα των ετών και με την αξιοποίηση των υπολογιστικών πόρων από διαφορετικά και καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα. Τα βασικά δομικά στοιχεία κυμαίνονται από το διαδίκτυο έως τις εταιρείες παροχής υπηρεσιών Cloud, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα.

Εικόνα 1: Διάγραμμα εξέλιξης Cloud Computing



Τα βασικότερα δεδομένα προέλευσης του Cloud Computing συνοψίζονται στην επόμενη λίστα [2] :

- **Grid Computing:** Αποτελεί ένα εξελιγμένο τύπο καταμεμημένων υπολογιστικών πόρων, όπως ένα Virtual Hyper Computer αποτελείται από ένα Cluster συνδεδεμένων ευφυών υπολογιστών, οι οποίοι αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους για να εκτελέσουν εργασίες υψηλού φορτίου.
- **Utility Computing:** Αποτελεί μεταφορικά τη "Συσκευασία" τεχνολογικά προηγμένων υπολογιστικών πόρων και την διάδοσή της ως υπηρεσία κοινής ωφέλειας.
- **Autonomic Computing:** Αυτοδιαχειριζόμενα υπολογιστικά συστήματα. Πολλές υποδομές Cloud εδράζουν στα συστήματα Grid. Έχουν αυτόνομα χαρακτηριστικά ενώ οι προσφερόμενες υπηρεσίες χρεώνονται ως παροχές. Ασφαλώς, το Cloud Computing είναι κάτι πολύ περισσότερο από αυτά τα συστήματα και δεν αποτελεί κανόνα ο κάθε πάροχος Cloud να προσφέρει τα παραπάνω. Έτσι, για παράδειγμα τα ομότιμα δίκτυα όπως το BitTorrent ή το Skype έχουν είτε ελάχιστη είτε και καθόλου κεντρική διαχείριση.
- **Platform Virtualization:** Αποτελεί την κατάτμηση των φυσικών υπολογιστικών οντοτήτων σε πολλές και διαφορετικές εικόνες υποδομής, συμπεριλαμβανομένων των κεντρικών υπολογιστών, εφαρμογών λογισμικού, και εφαρμογών συστήματος. Το Virtualization αναφέρεται σε μια εικονική υπολογιστική μηχανή που παίρνει σάρκα και οστά στην υποδομή μιας φυσικής υπολογιστικής πλατφόρμας. Το Virtualization διαχειρίζεται από μια μηχανή επιτήρησης (Virtual Machine Monitor - VMM), γνωστή και ως Hypervisor. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός open-source Hypervisor, είναι το Xen, που χρησιμοποιείται ευρέως στο σύννεφο.

- **Software as a Service (SaaS):** Αποτελεί τη διανομή του λογισμικού με χρήση ενός μοντέλου ανάπτυξης όπου οι αιτήσεις των πελατών πακετάρονται και προσφέρονται ως υπηρεσία. Αποτελεί επιλογή του χρήστη εάν οι εφαρμογές λογισμικού θα εκτελούνται είτε στους υπολογιστές των (χρηστών) είτε στους διακομιστές Web του παρόχου που τις προσφέρει.
- **Service Oriented Architectures (SOA):** Είναι μια αλληλουχία υπηρεσιών λογισμικού οι οποίες διαλειτουργούν μεταξύ τους. Μεταξύ τους οι διεπαφές είναι γνωστές ενώ οι λειτουργίες τους δεν είναι σφικτά συνδεδεμένες και η χρήση τους μπορεί να ενσωματωθεί από πολλούς και διαφορετικούς οργανισμούς. Οι SOA διεπαφές ορίζονται στην Extended Meta Language (XML) και εκφράζονται σε WSDL. Οι δε εφαρμογές λογισμικού μπορούν να αξιοποιούν την πρόσβαση σε υπηρεσίες UDDI (Universal Description, Definition and Integration) που αποτελούν υπηρεσίες καταχώρησης εκτεταμένου καταλόγου.

2.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ CLOUD ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

Αρκετές επιχειρήσεις παρέχουν υπηρεσίες παγκοσμίως. Γνωστό παράδειγμα αποτελεί η επιχείρηση Salesforce.com η οποία και δραστηριοποιείται στο χώρο από το 1999. Μια άλλη ευρύτατα γνωστή επιχείρηση αποτελεί η Amazon Web Services η οποία διαθέτει σε ιδιώτες κι επιχειρήσεις τις υπηρεσίες Cloud Computing από το 2002.

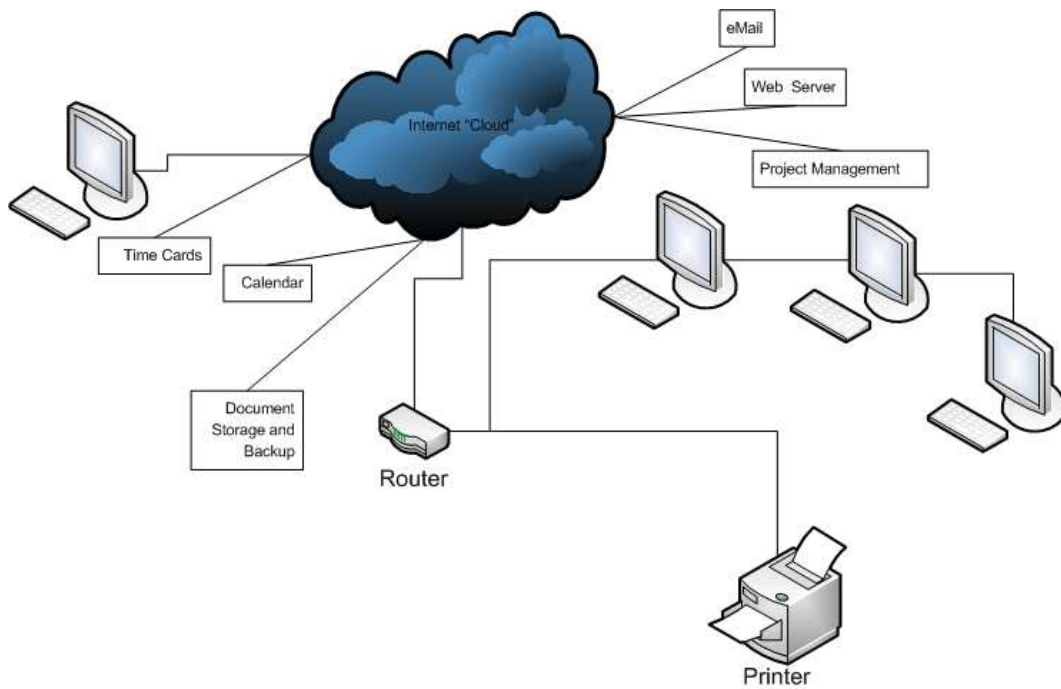
Ειδικότερα η υπηρεσία Elastic Compute Cloud (EC2) προσφέρεται από την Amazon σε ιδιώτες και πολύ μικρές επιχειρήσεις με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορούν να ενοικιάζονται υπολογιστικοί πόροι.

Η επιχείρηση Google παρέχει το Google Apps, το οποίο και συμπεριλαμβάνει πασίγνωστες εφαρμογές λογισμικού Web, όπως το Gmail, τα Google Docs και το Google Calendar.

Ακόμη γνωστότερη, η εταιρεία Microsoft έχει διαμορφώσει και εμπορεύεται την υποδομή του Azure Services Platform υποστηρίζοντας Cloud εφαρμογές λογισμικού οι οποίες φιλοξενούνται και «τρέχουν» στα Κέντρα Δεδομένων της Microsoft.

Εξειδικευμένο Virtualization λογισμικό για διάφορες πλατφόρμες προσφέρει η εταιρεία VMware. Τέλος, οι IBM και Juniper Networks έχουν συνεργαστεί στην διαμόρφωση υπηρεσιών Cloud Computing.

Εικόνα 2: Πάροχοι Cloud Computing



2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ CLOUD COMPUTING

Το Cloud Computing αποτελεί μια μεγάλη αλλαγή του τρόπου που οι επιχειρήσεις αντιλαμβάνονται τους υπολογιστικούς πόρους. Γιατί το Cloud Computing είναι τόσο δημοφιλές; Παρακάτω παραθέτουμε έξι συνήθεις λόγους για τους οποίους φορείς, οργανισμοί κι επιχειρήσεις στρέφονται στις υπηρεσίες Cloud Computing [1]:

- **Κόστος:** Το Cloud Computing εξαλείφει το κόστος κεφαλαίου για την αγορά υλικού και λογισμικού, για τη δημιουργία και λειτουργία κέντρων δεδομένων, εξυπηρετητών, για τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για την ψύξη των παραπάνω υποδομών και τέλος για την πληρωμή των εμπειρογνομόνων πληροφορικής στη διαχείριση της υποδομής.
- **Ταχύτητα:** Οι περισσότερες υπηρεσίες Cloud Computing παρέχονται κατά απαίτηση. Ακόμα και μεγάλα ποσά υπολογιστικών πόρων μπορούν να διατεθούν σε λίγα λεπτά παρέχοντας στις επιχειρήσεις μεγάλη ευελιξία και λύσεις στο σχεδιασμό της χωρητικότητας.
- **Παγκόσμια κλίμακα:** Τα πλεονεκτήματα των υπηρεσιών Cloud Computing περιλαμβάνουν τη δυνατότητα ελαστικής κλίμακας. Αυτό σημαίνει ότι γίνεται διαμοιρασμός της κατάλληλης ποσότητας υπολογιστικών και αποθηκευτικών πόρων όποτε χρειάζεται και από τη σωστή γεωγραφική θέση.
- **Παραγωγικότητα:** Το Cloud Computing εξαλείφει την ανάγκη των χρονοβόρων εργασιών διαχείρισης πάνω στις υποδομές δίνοντας έτσι την ευκαιρία στις επιχειρήσεις να ασχοληθούν με την επίτευξη πιο παραγωγικών στόχων.
- **Επιδόσεις:** Οι μεγαλύτερες υπηρεσίες Cloud Computing λειτουργούν σε ένα παγκόσμιο δίκτυο ασφαλών κέντρων δεδομένων, τα οποία αναβαθμίζονται τακτικά με εξοπλισμό τελευταίας γενιάς. Αυτό προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα

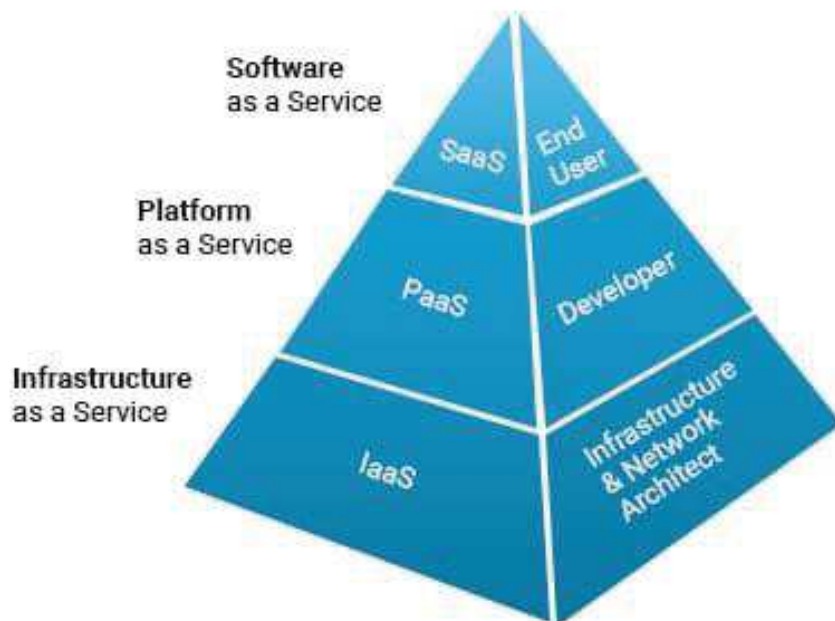
συμπεριλαμβανομένης της μειωμένης καθυστέρησης του δικτύου για τις εφαρμογές.

- **Αξιοπιστία:** Το Cloud Computing καθιστά ευκολότερη και λιγότερο δαπανηρή τη δημιουργία αντίγραφων ασφαλείας και την αποκατάσταση των δεδομένων επειδή αυτά αποθηκεύονται σε πολλαπλές τοποθεσίες του δικτύου του παρόχου αυτών των υπηρεσιών.

3 ΤΥΠΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΣΤΟ CLOUD COMPUTING

Τα διαθέσιμα μοντέλα των υπηρεσιών Cloud Computing όπως φαίνονται και στο επόμενο σχήμα, είναι η παροχή λογισμικού ως υπηρεσία (Software as a Service - SaaS), η παροχή πλατφόρμας ως υπηρεσία (Platform as a service - PaaS) και τέλος η παροχή υποδομής ως υπηρεσία (Infrastructure as a Service - IaaS). Κάθε ένας από τους παραπάνω τύπους υπηρεσιών έχει συγκεκριμένο σκοπό και εξυπηρετεί διαφορετικές ανάγκες.

Εικόνα 3: Τύποι υπηρεσιών στο Cloud Computing

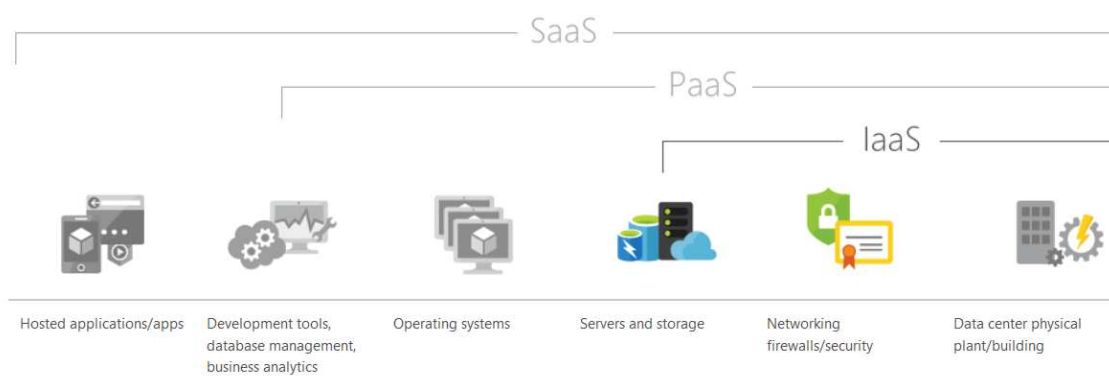


- Software as a Service (SaaS):** Η συγκεκριμένη υπηρεσία παρέχει τη δυνατότητα στον καταναλωτή-πελάτη να χρησιμοποιεί τις εφαρμογές του παρόχου οι οποίες εκτελούνται απομακρυσμένα στην Cloud υποδομή και όχι στον προσωπικό του υπολογιστή ή/και Server. Οι εφαρμογές μπορούν να προσπελαστούν από πολλές και διαφορετικές υπολογιστικές συσκευές μέσω ενός thin client interface, όπως είναι για παράδειγμα τα προγράμματα περιήγησης στο Web (ενδεικτικά ένα web-based email). Ο πελάτης σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να έχει διαχείριση ή/και έλεγχο της αξιοποιούμενης υποδομής Cloud συμπεριλαμβανομένων όλων των πόρων που έχει αγοράσει (όπως το εύρος του δικτύου, οι κεντρικοί υπολογιστές, τα λειτουργικά συστήματα, οι αποθηκευτικές μονάδες, ή ακόμα και μεμονωμένες λειτουργικότητες μια εφαρμογής λογισμικού, πιθανώς εξαιρουμένων ορισμένων αυστηρά περιορισμένων και προσωποποιημένων ρυθμίσεων διαμόρφωσης του περιβάλλοντος χρήσης των εφαρμογών).
- Platform as a Service (PaaS):** Η συγκεκριμένη υπηρεσία παρέχει τη δυνατότητα στον καταναλωτή-πελάτη να σχεδιάζει και να εξελίσσει επάνω στην υποδομή

Cloud εφαρμογές λογισμικού που έχει αναπτύξει ή/και εφαρμογές λογισμικού που έχει προμηθευτεί. Απαράβατος όρος είναι οι εφαρμογές να έχουν σχεδιαστεί και δημιουργηθεί με χρήση γλωσσών προγραμματισμού και εργαλείων που υποστηρίζονται από την υποδομή του παρόχου. Ο πελάτης δεν μπορεί και πάλι να διαχειρίζεται και να ελέγχει την υποδομή Cloud η οποία και περιλαμβάνει εύρος δικτύου, κεντρικού υπολογιστές, λειτουργικά συστήματα, συστάδες αποθηκευτικών μέσων. Παρόλα αυτά, κατέχει τον έλεγχο εφαρμογών που έχουν σχεδιαστεί και αναπτυχθεί από τον ίδιο ενώ σε κάποιες περιπτώσεις, επεμβαίνει και στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος που τις φιλοξενεί.

- **Cloud Infrastructure as a Service (IaaS):** Η συγκεκριμένη υπηρεσία παρέχει τη δυνατότητα στον καταναλωτή-πελάτη να δεσμεύει για προσωπική του χρήση επεξεργαστική δύναμη, μέσα αποθήκευσης, εύρος δικτύου αλλά και άλλους θεμελιώδεις υπολογιστικούς πόρους, στους οποίους ο καταναλωτής έχει την ελευθερία ανάπτυξης, επεξεργασίας και εκτέλεσης αυθαίρετου λογισμικού, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει προσωπικές επιλογές λειτουργικών συστημάτων και εφαρμογών λογισμικού. Ο πελάτης και πάλι δεν έχει τη διαχείριση ή/και τον έλεγχο της αγορασμένης υποδομής Cloud, αλλά έχει τον έλεγχο των εφαρμογών λειτουργικών συστημάτων, των μέσων αποθήκευσης, των εφαρμογών που έχει σχεδιάσει - αναπτύξει και ενδεχομένως ένα περιορισμένο έλεγχο συγκεκριμένου κι επιλεγμένων οντοτήτων δικτύωσης (ενδεικτικά firewalls).

Εικόνα 4: Εργαλεία ανά τύπο υπηρεσιών στο Cloud Computing

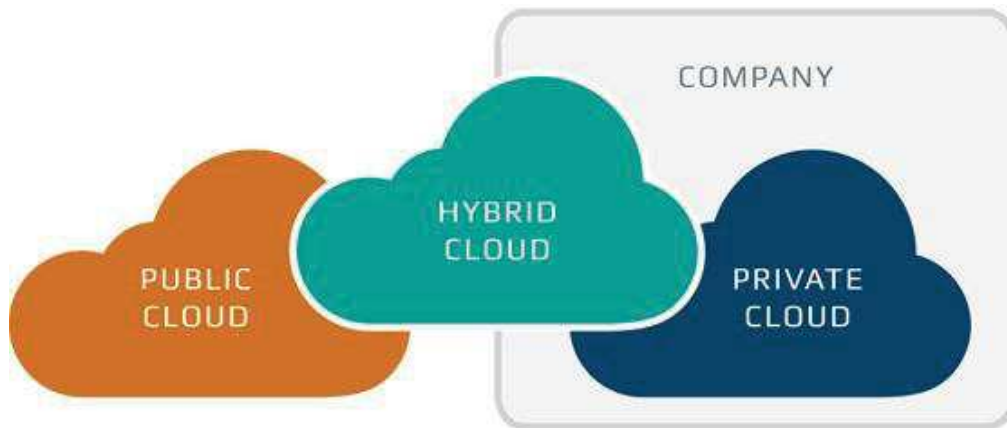


3.1 ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ CLOUD COMPUTING

- **Private Cloud [1]:** Η υποδομή Cloud λειτουργεί αποκλειστικά και μόνο για έναν οργανισμό και βρίσκεται εντός αυτού. Μερικές επιχειρήσεις απευθύνονται σε εξωτερικούς παρόχους για να φιλοξενούν το private Cloud. Ένα private Cloud είναι εκείνο στο οποίο οι υπηρεσίες και η υποδομή διατηρούνται σε ένα ιδιωτικό χώρο.
- **Public Cloud:** Ανήκουν και λειτουργούν από ένα πάροχο υπηρεσιών Cloud, ο οποίος διαθέτει τους υπολογιστικούς πόρους όπως διακομιστές και μέσα αποθήκευσης μέσω διαδικτύου. Σε ένα public Cloud το υλικό, το λογισμικό και όλες οι υποστηρικτικές υποδομές ανήκουν και διαχειρίζονται από τον πάροχο. Ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτές τις υπηρεσίες και να διαχειριστεί το λογαριασμό του μέσω ενός περιηγητή ιστού.

- **Hybrid Cloud:** Ένας συνδυασμός δημόσιων και ιδιωτικών Clouds. Τα δίκτυα αυτά διασυνδέονται και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με τεχνολογίες που επιτρέπουν την κοινή χρήση δεδομένων κι εφαρμογών. Επιτρέποντας στα δεδομένα και τις εφαρμογές να μετακινούνται μεταξύ ιδιωτικών και δημοσίων Clouds, το Hybrid Cloud παρέχει στις επιχειρήσεις μεγαλύτερη ευελιξία και περισσότερες δυνατότητες ανάπτυξης.

Εικόνα 5: Μοντέλα ανάπτυξης Cloud Computing



3.2 ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΟ CLOUD COMPUTING

- **Chatbots:** Η εκτεταμένη υπολογιστική ισχύς και χωρητικότητα του Cloud επιτρέπει την αποθήκευση πληροφοριών σχετικά με τις προτιμήσεις των χρηστών. Αυτή η δυνατότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή προσαρμοσμένων λύσεων, μηνυμάτων και προϊόντων με βάση τη συμπεριφορά και τις προτιμήσεις των χρηστών. Οι ψηφιακοί βοηθοί Google, Siri και Alexa αποτελούν έξυπνα bots φυσικής γλώσσας που αξιοποιούν τις δυνατότητες των υπολογιστών του Cloud για να παρέχουν εξατομικευμένες εμπειρίες στους πελάτες. Κάθε φορά που ο χρήστης λέει “Hey Siri!” πίσω από αυτό υπάρχει μια λύση AI (Artificial Intelligence) βασίζονται στο Cloud.
- **Επικοινωνία:** Το Cloud επιτρέπει στους χρήστες να απολαμβάνουν εργαλεία επικοινωνίας βασισμένα στο διαδίκτυο όπως μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και ημερολόγια. Οι περισσότερες εφαρμογές ανταλλαγής μηνυμάτων και κλήσεων όπως το Skype και το WhatsUp βασίζονται στην υποδομή του Cloud. Όλα τα μηνύματα και οι πληροφορίες αποθηκεύονται στις δομές του παρόχου και όχι στην προσωπική συσκευή του χρήστη. Αυτό παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες που επιθυμούν από οπουδήποτε μέσω διαδικτύου.
- **Παραγωγικότητα:** Εργαλεία επεξεργασίας κειμένου και πινάκων όπως το Microsoft office 365 και τα Google Documents χρησιμοποιούν το Cloud Computing, επιτρέποντας στους χρήστες να χρησιμοποιούν παραγωγικά εργαλεία μέσω διαδικτύου. Οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να εργαστούν στα έγγραφα, τις παρουσιάσεις και τα υπολογιστικά φύλλα ανά πάσα στιγμή. Με τα δεδομένα αποθηκευμένα στο Cloud οι χρήστες δεν χρειάζεται να ανησυχούν για την απώλεια

των δεδομένων τους. Επίσης βοηθά στην ανταλλαγή εγγράφων και επιτρέπει σε διαφορετικά άτομα να εργάζονται ταυτόχρονα στο ίδιο έγγραφο.

- **Εμπορικές εφαρμογές:** Πολλές εφαρμογές διαχείρισης επιχειρήσεων όπως η διαχείριση σχέσεων με πελάτες (CRM) και ο σχεδιασμός επιχειρηματικών πόρων (ERP) βασίζονται στην τεχνολογία Cloud. Το μοντέλο SaaS έχει γίνει μια δημοφιλής μέθοδος για την ανάπτυξη λογισμικού τέτοιου τύπου. Αυτή η μέθοδος είναι οικονομικά αποδοτική τόσο για τον πάροχο όσο και για τους πελάτες. Εξασφαλίζει την εύκολη διαχείριση, τη συντήρηση και την ασφάλεια των κρίσιμων επιχειρηματικών πόρων ενός οργανισμού και επιτρέπει την εύκολη πρόσβαση σε αυτές τις εφαρμογές μέσω ενός περιηγητή ιστού.
- **Αντίγραφα ασφαλείας και ανάκτηση:** Όταν οι χρήστες επιλέγουν το Cloud για την αποθήκευση των δεδομένων τους, η ευθύνη των πληροφοριών βρίσκεται στον πάροχο. Αυτό εξοικονομεί τους χρήστες από τις δαπάνες για την κατασκευή υποδομών. Ο πάροχος των υπηρεσιών είναι υπεύθυνος για την εξασφάλιση των δεδομένων και την τήρηση των νομικών απαιτήσεων. Επιπλέον το Cloud προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία υπό την έννοια ότι οι χρήστες μπορούν να απολαύσουν μεγάλες αποθηκευτικές δυνατότητες. Η ανάκτηση επίσης πραγματοποιείται πολύ γρήγορα επειδή τα δεδομένα αποθηκεύονται μέσω ενός δικτύου φυσικών διακομιστών και όχι σε ένα κέντρο δεδομένων επιτόπου. Το Dropbox, το Google Drive είναι δημοφιλή παραδείγματα λύσεων που βασίζονται στο Cloud.
- **Δοκιμές και ανάπτυξη:** Το Cloud μπορεί να προσφέρει ένα περιβάλλον ανάπτυξης και δοκιμών για να μειώσει τις δαπάνες και να εκκινήσει τις εφαρμογές των χρηστών γρηγορότερα. Αντί για την δημιουργία φυσικών περιβάλλοντων δοκιμών, οι προγραμματιστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το σύννεφο για να ρυθμίσουν τα περιβάλλοντα δοκιμών και ανάπτυξης εξοικονομώντας χρόνο και πόρους. Δημοφιλή εργαλεία ελέγχου είναι το BlazeMeter και το Soasta.
- **Big data analytics:** Το Cloud Computing επιτρέπει στους επιστήμονες δεδομένων να αξιοποιήσουν οποιαδήποτε δεδομένα για να τα αναλύσουν για μοτίβα και ιδέες, να βρουν συσχετισμούς για να κάνουν προβλέψεις, να προβλέψουν μελλοντικές κρίσεις και να βοηθήσουν στη λήψη αποφάσεων. Οι υπηρεσίες Cloud καθιστούν δυνατή την εξόρυξη τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων, παρέχοντας υψηλότερη ισχύ επεξεργασίας και εξελιγμένα εργαλεία. Υπάρχουν πολλά τέτοια εργαλεία όπως τα Hadoop, Cassandra, HPC, κλπ.
- **Κοινωνικά δίκτυα:** Τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης όπως τα Facebook, LinkedIn και Twitter είναι οι πιο δημοφιλείς εφαρμογές του Cloud Computing.

3.3 ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ CLOUD COMPUTING

Η ασφάλεια των δεδομένων υπήρξε σταθερά ένα σημαντικό θέμα στην τεχνολογία των πληροφοριών. Στο περιβάλλον του Cloud Computing το ζήτημα αυτό γίνεται ιδιαίτερα σοβαρό επειδή τα δεδομένα βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη σε όλο τον κόσμο. Η ασφάλεια των δεδομένων και η προστασία της ιδιωτικής ζωής είναι οι δύο κύριοι παράγοντες των ανησυχιών του χρήστη, σχετικά με την τεχνολογία του Cloud. Αν και πολλές τεχνικές για τα θέματα του Cloud Computing έχουν ερευνηθεί τόσο σε

ακαδημαϊκούς όσο και σε βιομηχανικούς κλάδους, η ασφάλεια των δεδομένων και η προστασία της ιδιωτικής ζωής αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία για τη μελλοντική ανάπτυξη της τεχνολογίας Cloud Computing. Τα ζητήματα ασφάλειας και προστασίας προσωπικών δεδομένων αφορούν τόσο το υλικό όσο και το λογισμικό της αρχιτεκτονικής του Cloud.

Η προστασία των δεδομένων αποτελεί μεγάλη ανησυχία για το Cloud Computing. Είτε πρόκειται για δημόσια, ιδιωτικά ή υβριδικά μοντέλα Cloud η πιθανότητα αλλοίωσης των δεδομένων δημιουργούν τεράστια αγωνία. Οι οργανισμοί συνήθως αναμένουν από τρίτους παρόχους τη διαχείριση των υποδομών Cloud αλλά συχνά ανησυχούν για την χορήγηση ορατότητας σε ευαίσθητα δεδομένα.

3.3.1 Ακεραιότητα Δεδομένων

Ο τρόπος διαχείρισης της ακεραιότητας των δεδομένων αποτελεί ένα από τα πλέον κρίσιμα ζητήματα σε οποιοδήποτε τεχνολογικό σύστημα πληροφοριών. Γενικά η ακεραιότητα δεδομένων σημαίνει και προστασία δεδομένων από μη εξουσιοδοτημένη διαγραφή, τροποποίηση ή κατασκευή. Η ύπαρξη μιας διαχειριστικής οντότητας καθώς και τα δικαιώματα σε συγκεκριμένους πόρους διασφαλίζει ότι πολύτιμα δεδομένα και υπηρεσίες δεν θα αλλοιωθούν ή κλαπούν. Η ακεραιότητα δεδομένων σε ένα σύστημα που δεν ελέγχεται με μια βάση δεδομένων που έχει ενιαία ταυτότητα, επιτυγχάνεται σχετικά εύκολα. Η ακεραιότητα των δεδομένων στο αυτόνομο σύστημα διατηρείται μέσω περιορισμών στις συναλλαγές με την βάση δεδομένων. Οι συναλλαγές πρέπει να ακολουθούν τις ιδιότητες του ACID (ατομικότητα, συνέπεια, απομόνωση, ανθεκτικότητα) ώστε να διασφαλίζεται η ακεραιότητα των δεδομένων.

Η εξουσιοδότηση χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της πρόσβασης στα δεδομένα. Είναι ο μηχανισμός ο οποίος καθορίζει το επίπεδο πρόσβασης ενός συγκεκριμένου χρήστη στο σύστημα. Η ακεραιότητα των δεδομένων στο σύστημα Cloud συνεπάγεται και διατήρηση ακεραιότητας των επεξεργασμένων πληροφοριών. Τα δεδομένα δεν επιτρέπεται να χαθούν ή/και να τροποποιηθούν από χρήστες χωρίς ειδικά εξουσιοδότηση. Η ακεραιότητα των δεδομένων αποτελεί τον πυρήνα υπηρεσιών Cloud Computing όπως SaaS, PaaS, IaaS. Εκτός από την αποθήκευση δεδομένων μεγάλης κλίμακας το περιβάλλον του Cloud Computing συνήθως παρέχει υπηρεσίες επεξεργασίας δεδομένων. Η ακεραιότητα των δεδομένων μπορεί να επιτευχθεί με τεχνικές όπως στρατηγικές τύπου RAID και ψηφιακή υπογραφή.

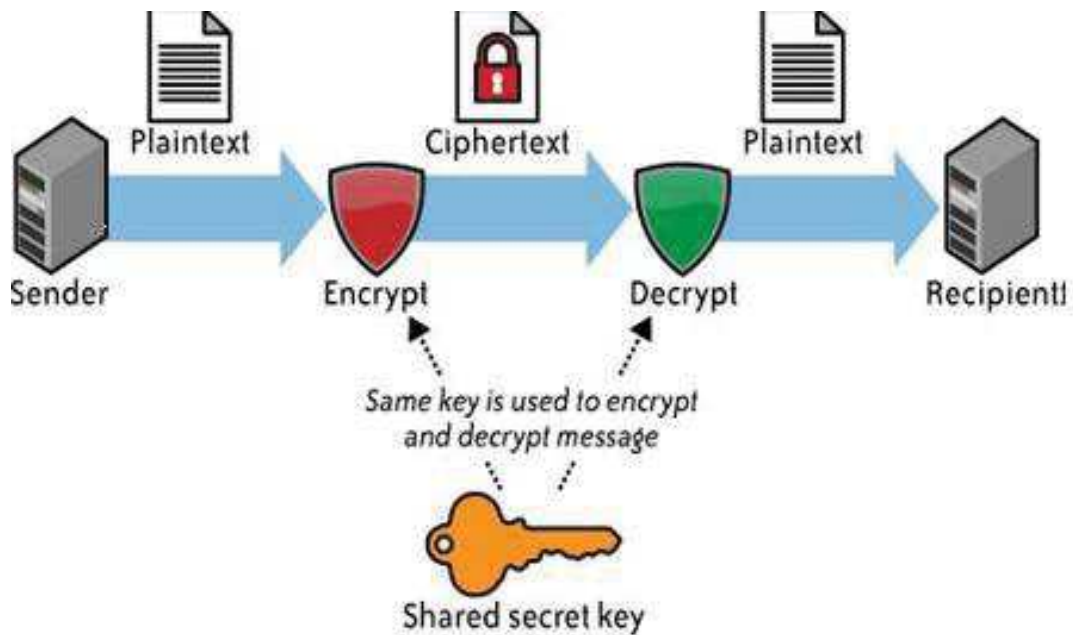
Λόγω της μεγάλης ποσότητας οντοτήτων και σημείων πρόσβασης σε ένα περιβάλλον Cloud, η εξουσιοδότηση είναι ζωτικής σημασίας ώστε να διασφαλιστεί ότι μόνο οι εξουσιοδοτημένες οντότητες έχουν την δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με τα δεδομένα. Αποφεύγοντας την μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, οι εταιρίες μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερη ακεραιότητα στα δεδομένα τους. Οι μηχανισμοί παρακολούθησης μπορούν να προσδιορίζουν το ποιοι ή τι μπορεί να έχουν μεταβάλλει τα δεδομένα του συστήματος, επηρεάζοντας έτσι την ακεραιότητα τους.

3.3.2 Εμπιστευτικότητα των Δεδομένων

Όταν πρόκειται για την προστασία του απορρήτου των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα σε ένα δημόσιο σύννεφο, καταγράφονται δύο βασικές ανησυχίες. Κατ'αρχάς, σε ποιο επίπεδο είναι ο έλεγχος πρόσβασης για την προστασία των δεδομένων; Ο έλεγχος πρόσβασης αποτελείται από δύο στοιχεία, την επαλήθευση

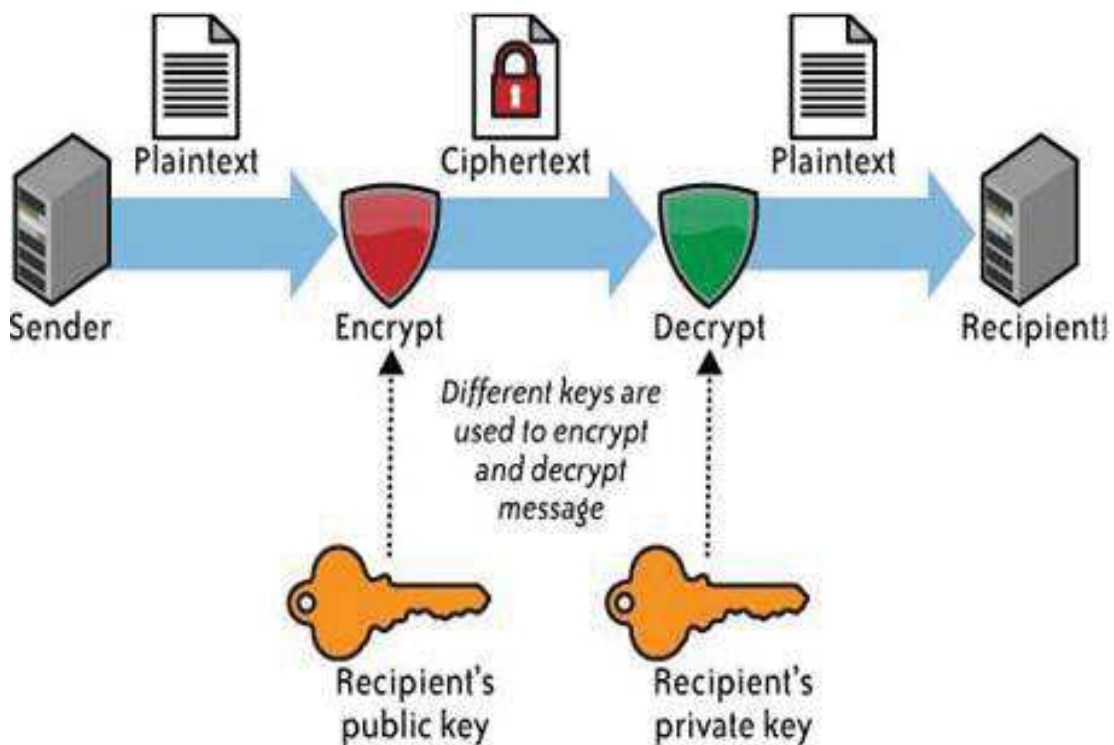
ταυτότητας και την αδειοδότηση. Ασφάλεια σε συστήματα Cloud Computing και υλοποίηση τεχνικών ασφαλείας Συνήθως το μόνο επίπεδο ασφαλείας που οι πωλητές παρέχουν, είναι η άδεια διαχειριστή (δηλαδή, ο ίδιος ιδιοκτήτης του λογαριασμού) και η άδεια χρήσης (δηλαδή, όλοι οι άλλοι εξουσιοδοτημένοι χρήστες) χωρίς επίπεδα στο ενδιάμεσο (π.χ., οι διαχειριστές της επιχειρηματικής μονάδας, οι οποίοι είναι εξουσιοδοτημένοι να εγκρίνουν την εξέλιξη της επιχείρησής τους). Η αμέσως επόμενη πιθανή ανησυχία αφορά στον τρόπο με τον οποίο τα αποθηκευμένα, στο σύννεφο, δεδομένα θα προστατεύονται από τρίτους. Για πρακτικούς σκοπούς, η προστασία δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στο σύννεφο συμπεριλαμβάνει χρήση κρυπτογράφησης. Όσον αφορά λοιπόν τα δεδομένα είναι πραγματικά κρυπτογραφημένα αυτά που είναι αποθηκευμένα στο «Υπολογιστικό Νέφος»; Και αν ναι, με ποιο αλγόριθμο κρυπτογράφησης, και τι σχετικά με το κλειδί κρυπτογράφησης, είναι αρκετά ισχυρό; Όσον αφορά, για παράδειγμα το S3 δεν κρυπτογραφεί τα δεδομένα των πελατών αλλά οι ίδιοι οι πελάτες είναι σε θέση να κρυπτογραφήσουν τα δεδομένα τους. Αν τελικά κρυπτογραφούνται τα δεδομένα η αμέσως επόμενη ανησυχία είναι, ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση. Δεν είναι όλοι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης το ίδιο ισχυροί. Κρυπτογραφικά, πολλοί αλγόριθμοι παρέχουν επαρκή ασφάλεια. Ωστόσο, μόνο οι αλγόριθμοι που έχουν δημοσίως ελεγχθεί από ένα επίσημο πρότυπο (π.χ., NIST) ή τουλάχιστον ανεπίσημα από την κρυπτογραφική κοινότητα θα πρέπει να χρησιμοποιούνται. Κάθε αλγόριθμος που είναι ιδιόκτητος θα πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται. Σημειώστε ότι πρόκειται για συμμετρική αλγοριθμική κρυπτογράφηση. Η Συμμετρική κρυπτογράφηση όπως φαίνεται και στην επόμενη εικόνα, περιλαμβάνει τη χρήση ενός ενιαίου μυστικού κλειδιού τόσο για την κρυπτογράφηση όσο και την αποκρυπτογράφηση των δεδομένων. Μόνο η συμμετρική κρυπτογράφηση έχει την ταχύτητα και την υπολογιστική απόδοση για να χειριστεί μεγάλο όγκο δεδομένων. Δεν θα ήταν αποδοτική η χρήση μη συμμετρικού αλγορίθμου για την κρυπτογράφηση σε αυτή την περίπτωση που παρουσιάζεται στην εικόνα.

Εικόνα 6: Αποθήκευση δεδομένων στο Cloud Computing



Αν και η εικόνα συσχετίζεται με το e-mail, αντίστοιχη διεργασία (χρήση ενός μυστικού κλειδιού) χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των δεδομένων.

Εικόνα 7: Αποθήκευση δεδομένων με κρυπτογράφηση στο Cloud Computing



Η επόμενη εξέταση είναι το μήκος του κλειδιού που χρησιμοποιείται. Με την συμμετρική κρυπτογράφηση, όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος του κλειδιού (δηλαδή, μεγάλος αριθμός των bits του κλειδιού), τόσο ισχυρότερη είναι η κρυπτογράφηση. Αν και τα κλειδιά με μεγάλα μήκη παρέχουν μεγαλύτερη προστασία ωστόσο μπορεί να καταπονήσουν τις δυνατότητες των επεξεργαστών των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

3.3.3 Διαθεσιμότητα των δεδομένων

Σε μια Cloud υποδομή, αφού έχουμε εξασφαλίσει ότι για τα στοιχεία ενός πελάτη έχει διατηρηθεί η εμπιστευτικότητα και η ακεραιότητά τους, το αμέσως επόμενο στοιχείο αποτελεί η διαθεσιμότητα αυτών των δεδομένων. Καταγράφονται απειλές οι οποίες ενισχύουν την σημαντικότητα υποδομών και υπηρεσιών Cloud Computing.

Πρώτη και σημαντική απειλή, για την διαθεσιμότητα, αποτελούν οι network-based επιθέσεις. Μια άλλη απειλή για τη διαθεσιμότητα είναι η δυνατότητα του ίδιου του παρόχου να ορίσει ένα αξιόπιστο επίπεδο αυτοδιάθεσης. Τέλος, οι υποψήφιοι καταναλωτές - πελάτες υπηρεσιών του Cloud θα πρέπει να μπορούν εύκολα να εξακριβώσουν το ακριβές πακέτο υποδομής και υπηρεσιών που τους προσφέρεται από τον πάροχο. Άλλωστε, όταν ένας χρήστης χρησιμοποιεί τον αποθηκευτικό χώρο της υποδομής Cloud δεν σημαίνει απαραίτητα ότι τα αποθηκευμένα δεδομένα του είναι ταυτόχρονα και διασφαλισμένα με ένα δεύτερο αντίγραφο (backed up). Κάποιοι πάροχοι Cloud παρέχουν δωρεάν αντίγραφα ασφαλείας των δεδομένων των πελατών, ή προσφέρουν την υπηρεσία αντιγραφής δεδομένων ως πρόσθετη κι επί πληρωμή επιλογή. Για παράδειγμα τα δεδομένα που αποθηκεύονται στο Amazon S3, στο Amazon SimpleDB, ή στο Amazon Elastic Block Store αποθηκεύονται σε πολλαπλές φυσικές τοποθεσίες ως ένα κανονικό μέρος των υπηρεσιών αυτών και χωρίς επιπλέον χρέωση.

Συνοψίζοντας, όλα αυτά τα χαρακτηριστικά μιας Cloud υποδομής όπως η εμπιστευτικότητα, η ακεραιότητα και η διαθεσιμότητα, θα πρέπει να είναι συμπεριλαμβάνονται σε ένα πακέτο τύπου Συμφωνία Επιπέδου Υπηρεσιών, δηλαδή ενός Service Level Agreement (SLA) των πελατών της. Ωστόσο, αυτή τη στιγμή, τα SLAs των παρόχων είναι υπερβολικά αδύναμα, ή με άλλα λόγια για όλους τους πρακτικούς σκοπούς, είναι άνευ ουσιαστικής και πραγματικής αξίας. Ακόμη και όταν ένας πάροχος φαίνεται να προσφέρει ένα τουλάχιστον επαρκές SLA, το πώς στη πραγματικότητα αξιολογείται αυτή η υπηρεσία SLA αποτελεί ένα πραγματικό πρόβλημα.

4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΤΟΥ CLOUD COMPUTING

Η αξιολόγηση της απόδοσης ενός υπολογιστικού συστήματος πρέπει να είναι μια καλά καθορισμένη, δομημένη διαδικασία, με στόχο την κατανόηση και σύγκριση των χαρακτηριστικών απόδοσης των συστημάτων που συμμετέχουν στην ανάλυση. Η αναγκαιότητα της ανάλυσης των επιδόσεων πηγάζει από την ανάγκη να βρεθούν λύσεις για μη λειτουργικές ανάγκες όπως η απόδοση, η αξιοπιστία και το κόστος. [9], [10]

4.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός συστήματος. Αυτές είναι η **μέτρηση σε πραγματικά συστήματα**, η **προσομοίωση** και η **αναλυτική μοντελοποίηση**. Η επιλογή της πλέον κατάλληλης τεχνικής επηρεάζεται από παράγοντες όπως οι διαθέσιμοι πόροι, η απαιτούμενη ακρίβεια και το χρονικό διάστημα που μπορεί να δαπανηθεί για την αξιολόγηση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τις τεχνικές της μοντελοποίησης και της προσομοίωσης λαμβάνουν ευρεία αποδοχή και είναι πιο πειστικά διότι δεν γίνονται απλουστεύσεις κατά την αξιολόγηση. Παρόλα αυτά η ακρίβεια των αποτελεσμάτων μπορεί να ποικίλει διότι πολλές είναι οι παράμετροι που θα πρέπει να αναγνωριστούν και να ελεγχθούν έτσι ώστε αυτές να μην επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Επιπλέον η μέτρηση δεν είναι πάντα δυνατή καθώς το αξιολογούμενο σύστημα μπορεί να μην υπάρχει ακόμα. Επίσης απαιτείται εξοπλισμός ο οποίος μπορεί να είναι ακριβός και η διαδικασία των μετρήσεων μπορεί να έχει μεγάλη χρονική διάρκεια.

Η προσομοίωση μπορεί να είναι λιγότερο δαπανηρή αλλά εξίσου χρονοβόρα με την μέτρηση και πολύ πιο επιρρεπής σε σφάλματα. Η ακρίβεια εξαρτάται από τις απλουστεύσεις και τις υποθέσεις που χρησιμοποιούνται. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δεν αναγνωρίζονται τόσο όσο εκείνα των μετρήσεων.

Η αναλυτική μοντελοποίηση είναι συνήθως η ταχύτερη τεχνική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αποκαλύπτει με καλύτερο τρόπο την επίδραση των παραμέτρων στο πείραμα. Από την άλλη πλευρά, αυτή η τεχνική προϋποθέτει υψηλό επίπεδο δεξιοτήτων μοντελοποίησης και πολλές απλοποιήσεις - παραδοχές που μειώνουν την ακρίβεια του μοντέλου. Το πιο σημαντικό είναι ότι τα αποτελέσματα αυτής της τεχνικής είναι τα λιγότερο αναγνωρίσιμα σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνικές.

4.1.1 Ορολογία

► Workload

Τα αιτήματα που υποβάλλονται από τους χρήστες ενός συστήματος και επεξεργάζονται από αυτό αποτελούν ένα φόρτο εργασίας. Ένας δοκιμαστικός φόρτος εργασίας παράγεται κατά την φάση της ανάλυσης των επιδόσεων. Ένας δοκιμαστικός φόρτος εργασίας μπορεί να είναι πραγματικός ή συνθετικός. Ο φόρτος εργασίας που

παρατηρείται σε μια κανονική λειτουργία του συστήματος ονομάζεται πραγματικός φόρτος εργασίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί πραγματικός φόρτος εργασίας σε μελέτες αξιολόγησης που περιγράφουν τους απαιτούμενους και χρησιμοποιημένους πόρους, τις χρονικές σφραγίδες όλων των σημαντικών γεγονότων (π.χ. χρόνος υποβολής), τα διαπιστευτήρια εργασίας που χρησιμοποιούνται και το περιβάλλον εκτέλεσης εργασιών. Οι συνθετικοί φόρτοι εργασίας χρησιμοποιούνται σε μελέτες και παράγονται ώστε να αντιπροσωπεύουν πραγματικό φόρτο εργασίας. Ένα μοντέλο φόρτου εργασίας προέρχεται από ένα πραγματικό περιβάλλον, παρατηρώντας τα βασικά του χαρακτηριστικά. Το μοντέλο του φόρτου εργασίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή συνθετικών φόρτων εργασίας.

► **Benchmark**

Η συγκριτική αξιολόγηση αναφέρεται στη διαδικασία σύγκρισης των επιδόσεων πολλών συστημάτων. Οι φόρτοι εργασίας που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτές τις μετρήσεις ονομάζονται benchmarks (σημεία αναφοράς) και μια ομαδοποίηση σχετικών κριτηρίων αναφοράς ονομάζεται benchmark suite.

► **System Under Test (SUT)**

Το σύστημα το οποίο αξιολογείται, συχνά αποκαλείται System Under Test (SUT). Περιστασιακά, η αξιολόγηση εξετάζει το αντίκτυπο που έχουν οι εναλλακτικές λύσεις για μια συγκεκριμένη συνιστώσα του συστήματος όταν αυτό βρίσκεται υπό έλεγχο. Το στοιχείο αυτό ονομάζεται Component Under Study (CUS).

► **Response variable**

Η μεταβλητή απόκρισης είναι επί της ουσίας το αποτέλεσμα ενός πειράματος που τυπικά είναι η μετρήσιμη επίδοση του συστήματος.

► **Parameter**

Οι παράμετροι του πειράματος αναφέρονται σε εκείνα τα χαρακτηριστικά του συστήματος που μπορούν να επηρεάσουν τις επιδόσεις του SUT. Όλες οι μεταβλητές θα πρέπει να καθοριστούν κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του πειράματος ειδάλλως μη καθορισμένες μεταβλητές μπορούν να μετατρέψουν τα δεδομένα σε άχρηστα.

► **Factor**

Ο παράγοντας είναι μια παράμετρος της οποίας οι αλλαγές επηρεάζουν την μεταβλητή απόκρισης. Οι τιμές τις οποίες μπορεί να λάβει ένας παράγοντας ονομάζονται επίπεδα (levels). Οι πρωτεύοντες παράγοντες μιας διαδικασίας αξιολόγησης επιδόσεων είναι εκείνοι οι παράγοντες των οποίων η επίπτωση πρέπει να εκτιμηθεί. Οι παράγοντες εκείνοι των οποίων η επίπτωση δεν χρειάζεται να μελετηθεί, καλούνται δευτερεύοντες.

► **Performance metric**

Η μεταβλητή αυτή περιγράφει την απόδοση ενός συστήματος που υπόκειται σε δοκιμές. Η τιμή της προκύπτει από τις τιμές που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια της ανάλυσης

των επιδόσεων ενός συστήματος. Τα χαρακτηριστικά εκείνα που ορίζουν την τιμή της μεταβλητής αυτής ως καλή, είναι τα παρακάτω:

- **Linearity:** Μια αλλαγή στην τιμή της μέτρησης πρέπει να ορίζει μια αναλογική αλλαγή στην πραγματική απόδοση του συστήματος.
- **Reliability:** Όταν ένα σύστημα A βαθμολογηθεί καλύτερα από ένα σύστημα B σε σχέση με μια αξιόπιστη μέτρηση, τότε μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα A ξεπερνά το σύστημα B.
- **Repeatability:** όταν τα αποτελέσματα ενός πειράματος έχουν την ίδια τιμή κάθε φορά που επαναλαμβάνεται.
- **Easy to measure:** Οι μετρήσεις που είναι δύσκολο να μετρηθούν συνήθως γίνονται με λάθος τρόπο.
- **Consistency:** Οι μετρήσεις είναι ανεξάρτητες από το σύστημα στο οποίο λαμβάνονται οι μετρήσεις.

4.1.2 Μετρήσιμα Χαρακτηριστικά

Ο αριθμός των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στο χώρο της παροχής Cloud Υπηρεσιών ολοένα και αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Χαρακτηριστικό αυτής της εξέλιξης είναι ότι οι εταιρείες που δημιουργούνται ή αναπτύσσονται στο χώρο δεν ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο αλλά η κάθε μια προσπαθεί να καινοτομήσει διαφέροντας από τις υπόλοιπες με στόχο τις ποιοτικότερες υπηρεσίες ή τις χαμηλότερες τιμές.

Αναλυτικότερα:

- Δεν χρησιμοποιούν κάποια προκαθορισμένη ορολογία με αποτέλεσμα να μην είναι διακριτές οι υπηρεσίες που προσφέρουν ή για ποια υπηρεσία χρεώνεται ο πελάτης.
- Χρησιμοποιούν ένα μεγάλο εύρος διαφοροποιημένων μοντέλων και τεχνικών χρέωσης.
- Οι προσφορές υπηρεσιών διαφέρουν σε πολλά επίπεδα που εκτείνονται από την ευχρηστία και τον πλουραλισμό των διεπαφών τους μέχρι και τους όρους που περιέχουν τα συμβόλαια.
- Οι τιμές παροχής υπηρεσιών αλλάζουν ραγδαία με την πάροδο του χρόνου, οπότε και ένα συγκριτικό τεστ, μπορεί να μην είναι έγκυρο μετά από λίγο διάστημα.

Παρόλα αυτά, κατά καιρούς, διάφοροι ερευνητές έχουν καταφέρει να ομαδοποιήσουν κάποια μετρήσιμα κοινά χαρακτηριστικά και να προχωρήσουν σε συγκρίσεις με βάση αυτά.

4.1.3 Επιδόσεις

Οι εταιρείες που σκέφτονται να υιοθετήσουν λύσεις Cloud Computing, ενδιαφέρονται για τις επιδόσεις που θα έχουν μετά την εφαρμογή της λύσης. Τους ενδιαφέρει οι εφαρμογές τους να είναι σε ένα περιβάλλον από όπου θα μπορούν να διανέμονται με μεγάλη ταχύτητα χωρίς καθυστέρηση προς τους καταναλωτές τους. Οι επιδόσεις έχουν να κάνουν τόσο με την ποιότητα των μηχανημάτων του παρόχου όπου γίνεται και μέτρηση του ρυθμού αποστολής και λήψης δεδομένων, όσο και με την

ποιότητα/ταχύτητα του δικτύου εσωτερικά στον πάροχο αλλά και στην σύνδεση του με το διαδίκτυο. Οι παράμετροι αυτοί επηρεάζονται και από την γεωγραφική θέση του τελικού καταναλωτή και τη θέση του υπολογιστικού κέντρου του παρόχου. Υπάρχουν και εταιρείες οι οποίες προχωρούν σε πιο εξειδικευμένες μετρήσεις όπως ποιοτική και ποσοτική λειτουργία των επεξεργαστών, της μνήμης, των δίσκων και άλλων δομικών στοιχείων. Ακολουθεί πίνακας που περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες από φυσικά μηχανήματα που έχουν ορισμένοι πάροχοι υπηρεσιών Cloud Computing.[3], [4]

Πίνακας 1: Βασικές δυνατότητες φυσικών υποδομών των παρόχων Cloud

Όνομασία Παρόχου – προϊόντος	Διαθέσιμες επιλογές υλικού
Amazon.comEC2 (Elastic Compute Cloud 2)	Βασικές υποδομές: S: 1.7 GB ram, 1 EC2 Unit, 160 GB storage; L: 7.5 GB ram, 4 EC2 Units, 850 GB storage; XL: 15 GB ram, 8 EC2 Units, 1690 GB storage High-Επιλογές μνήμης RAM: XL: 17.1 GB ram, 6.5 EC2 Units, 420 GB storage; 2XL: 34.2 GB ram, 13 EC2 Units, 850 GB storage; 4XL: 68.4 GB ram, 26 EC2 Units, 1690 GB storage”
Google App Engine for Business	Κάθε εφαρμογή καταναλώνει όση υπολογιστική ισχύ χρειάζεται. Στο κόστος περιλαμβάνεται και διαθέσιμος αποθηκευτικός χώρος, εάν χρειαστεί μπορεί να αγοραστεί επιπλέον
Rackspace Cloud Servers	Linux Cloud Servers: 256 MB RAM, 10 GB storage; 512 MB RAM, 20 GB storage 1024 MB RAM, 40 GB storage; 2048 MB RAM, 80 GB storage 4096 MB RAM, 160 GB storage; 8192 MB RAM, 320 GB storage 15872 MB RAM, 620 GB storage Windows Cloud Servers: 512 MB RAM, 20 GB storage; 1 GB RAM, 40 GB storage 2 GB RAM, 80 GB storage; 4 GB RAM, 160 GB storage 8 GB RAM, 320 GB storage; 15.5 GB RAM, 620 GB storage”
Salesforce.com Force.com Unlimited	120 MB of data and 600 MB file storage per user. Ο ελάχιστος αποθηκευτικός χώρος είναι 1 GB. Εάν χρειαστεί, μπορεί να αγοραστεί επιπλέον χώρος

4.1.4 Τεχνολογική Εφαρμογή

Οι πάροχοι για να αυξήσουν τις επιδόσεις των συστημάτων τους και να μειώσουν την πολυπλοκότητα τους, επικεντρώνονται συνήθως στη συνεργασία με κάποιο συγκεκριμένο λογισμικό. Έτσι στη λύση Platform as a Service, για προγραμματισμό σε γλώσσα .NET η Microsoft έχει αναπτύξει το Windows Azure ενώ για προγραμματισμό

σε Java/Spring/Python υπάρχει το Google App Engine. Οι εταιρείες ανάλογα με τις απαιτήσεις που έχουν, χρησιμοποιούν και τον αντίστοιχο πάροχο.

Πίνακας 2: Βασικές δυνατότητες λογισμικών υποδομών των παρόχων Cloud

Όνομασία Παρόχου - Προϊόντος	Υποδοχή Παρόχου	Αποθηκευτικός Χώρος Παρόχου	Υποστηριζόμενα Λειτουργικά Συστήματα	Υποστηριζόμενες γλώσσες προγραμματισμού	Υποστηριζόμενες εφαρμογές/Framework	Τεχνολογία Virtualization
AmAmazon.com EC2 (Elastic Compute Cloud 2) azon.c	Οι υπηρεσίες λειτουργούν μέσα από τις υποδομές της Amazon. Περισσότερες πληροφορίες δεν είναι διαθέσιμες	Amazon Elastic Block Store (EBS), ή Amazon Simple Storage Service (S3)	Linux (Red Hat, Fedora, openSUSE, Gentoo, Ubuntu, Debian, Oracle Enterprise), Microsoft Windows Server 2003/2008, και OpenSolaris.	Πληροφορία μη διαθέσιμη	IBM DB2, IBM Informix Server, Microsoft SQL Server, MySQL, Oracle Database 11g,	Xen hardware virtualization.
Google Google App Engine for Business	Υποδομή Cloud της Google	Google Datastore	Linux, Windows, and Mac OSOS X	Java and Python	SQL, BigTable, and SSL.	Τεχνολογία μη διαθέσιμη
Rackspace Cloud Servers	Η υπηρεσία λειτουργεί μέσα από τις υποδομές και τα κέντρα	Πληροφορία μη διαθέσιμη	Linux (Ubuntu, Gentoo, CentOS, Red Hat, Arch) Oracle EL, Windows	Πληροφορία μη διαθέσιμη	Πληροφορία μη διαθέσιμη	Xen virtualization

	δεδομένων της Rackspace			Server 2003 και 2008.					
Salesforce.com Force.com Unlimited	Υποδομή Cloud τεχνολογίας Mulitenant	Πληροφορία διαθέσιμη	μη	Ειδική εφαρμογή Force.com	Apex (proprietary Force.com language)	Πληροφορία διαθέσιμη	μη	Πληροφορία μη διαθέσιμη	
Microsoft Windows Azure	Τα κέντρα δεδομένων αποτελούνται από Server της εταιρίας Dell	Azure Storage		Πληροφορία διαθέσιμη	μη	Visual Basic, C++, C#, ASP.NET, κ.α.	HTTP, XML, SOAP, REST, Java, php, Ruby, Azure SQL		Πληροφορία μη διαθέσιμη

4.2 ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ CLOUD ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ

4.2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση

Σήμερα ο όρος «**Performance**» περιλαμβάνει έννοιες όπως η αξιοπιστία, η ενεργειακή απόδοση και η δυνατότητα κλιμάκωσης. Εξαιτίας της αυξανόμενης χρήσης υπηρεσιών Cloud από τους καταναλωτές όσο και της αυξανόμενης τάσης δημιουργίας αντίστοιχων υποδομών, κρίνεται απαραίτητο να αναφέρουμε τους παράγοντες εκείνους που επηρεάζουν την απόδοση τέτοιων συστημάτων. Αυτοί είναι [7], [8] :

- **Ασφάλεια (Security):** Η επίπτωση της ασφάλειας στην απόδοση ενός Cloud δικτύου. Για παράδειγμα οι DDoS επιθέσεις έχουν τεράστια επίπτωση στην απόδοση ενός συστήματος όταν αυτές συμβούν. Επηρεάζουν τόσο την απόδοση όσο και το χρόνο απόκρισης.
- **Ανάκτηση Δεδομένων (Data Recovery):** Όταν τα δεδομένα σε μια υποδομή Cloud αντιμετωπίσουν κάποιο σφάλμα ή χαθούν, ο χρόνος που απαιτείται για να ανακτηθούν επηρεάζει την απόδοση του Cloud συστήματος.
- **Εύρος ζώνης (Network bandwidth):** Αυτός ο παράγοντας όχι μόνο επηρεάζει την απόδοση του Cloud αλλά αποτελεί και κριτήριο για την αξιολόγηση του. Εάν το εύρος ζώνης είναι πολύ χαμηλό τότε και η απόδοση θα είναι πολύ χαμηλή.
- **Φυσική μνήμη (Storage capacity):** Η φυσική μνήμη μπορεί επίσης να επηρεάσει την απόδοση ενός συστήματος.
- **Προσωρινή μνήμη (Buffer capacity):** Εάν οι Servers δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν ένα αίτημα αυτό θα αποθηκευτεί προσωρινά για να εξυπηρετηθεί αργότερα. Εάν η χωρητικότητα είναι μικρή και δεν υπάρχει χώρος για προσωρινή αποθήκευση τότε πολλά αιτήματα μπορεί να απορριφθούν επηρεάζοντας έτσι την απόδοση όλης της υποδομής.
- **Χωρητικότητα αποθηκευτικού δίσκου (Disk capacity):** Ο διαθέσιμος χώρος αποθήκευσης αναφέρεται στις περιπτώσεις εκείνες όπου θα απαιτηθεί η άμεση χρήση του και είναι αρκετά πιθανό να έχει θετική ή αρνητική απήχηση στην απόδοση του Cloud.
- **Ανοχή σε σφάλματα (Fault tolerance):** Αυτός ο παράγοντας έχει ειδική επίπτωση στην απόδοση ενός Cloud συστήματος. Αν για παράδειγμα οι υποδομές ενός τέτοιου συστήματος για οποιοδήποτε λόγο γίνουν μη αποδοτικές, αλλά παρόλα αυτά μπορούν να προσφέρουν τις ελάχιστες υπηρεσίες, τότε αυτό μπορεί να αυξήσει τις επιδόσεις.
- **Αριθμός χρηστών (Number of users):** Εάν ένα κέντρο δεδομένων έχει πολλούς χρήστες και αυτός ο αριθμός είναι μεγαλύτερος από αυτόν που μπορεί να αντέξει η υποδομή τότε η απόδοση πέφτει.
- **Τοποθεσία Κέντρου Δεδομένων (Location):** Τα κέντρα δεδομένων και η απόσταση τους από την τοποθεσία του χρήστη είναι ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας.

Άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την απόδοση είναι:

- Χρηστικότητα (Usability)
- Κλιμάκωση (Scalability)
- Φόρτος εργασίας (Workload)
- Ισχύς του επεξεργαστή (Processor power)
- Χρονοκαθυστέρηση (Latency)

4.2.2 Κριτήρια αξιολόγησης της απόδοσης

Υπάρχουν μια σειρά από κριτήρια για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας υποδομής Cloud. Αυτά είναι τα παρακάτω:

- Μέσος χρόνος απόκρισης ανά μονάδα χρόνου (Average response time per unit time)
- Δυναμικότητα δικτύου ανά δευτερόλεπτο ή μονάδα χρόνου (Network capacity per second (Mbps) or unit time)
- Αριθμός εντολών Εισόδου/Εξόδου ανά δευτερόλεπτο ή μονάδα χρόνου (The number of I / O commands per second (IOPS) or unit time)
- Μέσος χρόνος αναμονής ανά μονάδα χρόνου (Average waiting time per unit time)
- Φόρτος εργασίας (αιτήματα) προς εξυπηρέτηση ανά δευτερόλεπτο ή μονάδα χρόνου (Workload (requests) to be serviced per second (Mbps) or a unit of time)
- Μέσο χρόνο επεξεργασίας (The average time of processing (exe / sec))
- Ποσοστό χρήσης του Επεξεργαστή (Percentage of CPU utilization)
- Αριθμός αιτημάτων που εκτελούνται ανά μονάδα χρόνου (The number of requests executed per unit time)
- Αριθμός αιτημάτων ανά buffer μονάδας χρόνου (The number of requests per unit time buffer)
- Αριθμός αιτημάτων που απορρίφθηκαν ανά μονάδα χρόνου (The number of rejected requests per unit time)

4.3 AMAZON VS MICROSOFT VS GOOGLE

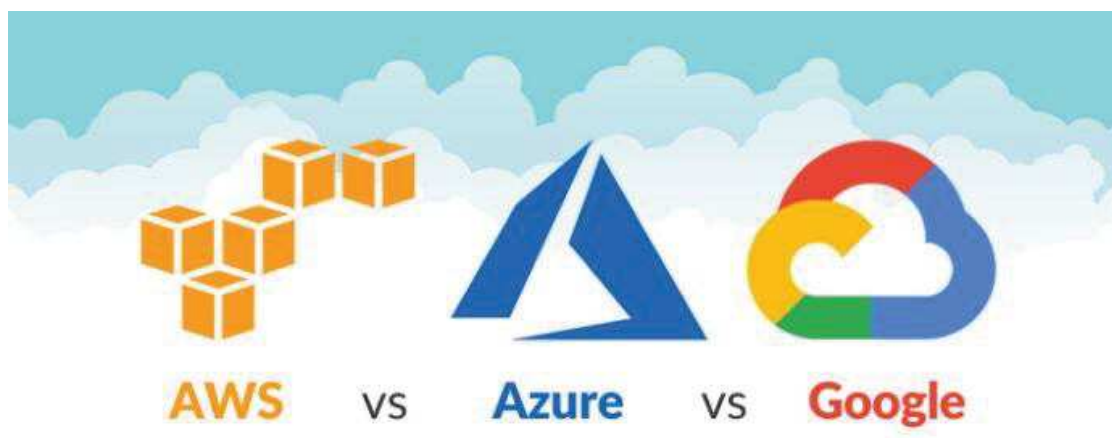
Η πιο καθοριστική μάχη παρόχων Cloud της εποχής είναι η AWS εναντίον Azure εναντίον Google. Επιλέγοντας ένα public Cloud από το AWS εναντίον Azure εναντίον Google είναι το πιο δύσκολο έργο για εκείνον που θέλει να εισέλθει και να αναπτυχθεί στον κόσμο των σύννεφων.

Με την αυξανόμενη σημασία του Cloud Computing, η δημόσια Cloud υπηρεσία είναι σήμερα σε μεγάλη ζήτηση. Αυτή η αυξανόμενη ζήτηση ανοίγει τις πόρτες μεγαλύτερης ανάπτυξης και ευκαιριών για τους παρόχους υπηρεσιών Cloud. Προκειμένου να αναπτυχθούν στη συγκεκριμένη αγορά, οι πάροχοι υπηρεσιών Cloud επικεντρώνονται στη δημιουργία ελκυστικού συνόλου υπηρεσιών, μειώνοντας ταυτόχρονα τις τιμές για να προσελκύσουν νέους πελάτες στην αγορά του Cloud.

Σύμφωνα με την έκθεση της Gartner Survey, η αγορά για το δημόσιο Cloud προβλέπεται να φθάσει από 260 δισεκατομμύρια δολάρια το 2017 σε περίπου 411 δισεκατομμύρια δολάρια το 2020.

Το AWS, το Google και το Azure είναι υπηρεσίες Cloud multi-indweller οι οποίες βασίζονται στο μοντέλο του Cloud Computing όπου ο πάροχος υπηρεσιών Cloud παρέχει πόρους όπως Βάση Δεδομένων, εφαρμογές και αποθήκευση μέσω του Διαδικτύου. [5], [6], [11]

Εικόνα 8: AWS vs Azure vs Google Cloud Computing



4.3.1 Διαφοροποιήσεις Παρόχων Cloud

Η Amazon Web Services κυριαρχεί στο δημόσιο Cloud πάνω από το MS Azure και το Google από το 2006, όταν και άρχισε να προσφέρει υπηρεσίες. Η Microsoft Azure και η Google βρίσκονται ακόμη μακριά από αυτό το ποσοστό αγοράς αλλά συνεχώς αυξάνουν το μερίδιό τους.

Πίνακας 3: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud

Πάροχοι υπηρεσιών Cloud		
Amazon Web Services	Azure - Microsoft	Google - Google Cloud

Πόσο παλαιές είναι οι Cloud πλατφόρμες

12 χρόνια

7 χρόνια

6 χρόνια

Ποια πλατφόρμα να διαλέξει κάποιος και γιατί

Κύριαρχη σε χαρακτηριστικά όπως διαμόρφωση υποδομής, επιτήρηση, ασφάλεια και Συνεχείς και εκτατεμένες προσφορές

Φιλική προς τις επιχειρήσεις

Ανοιχτή και ευέλικτη
Παγκόσμια εμβέλεια

Ομογενοποίηση με άλλα εργαλεία της MS

Ευρύτατη εργαλειοθήκη
Κατέχει την 1η θέση σε εργαλεία

προγραμματισμού και ελέγχου
Υποστήριξη Open Source
Υβριδικό Cloud

Open source και φορητότητα
Εκπτώσεις και ευέλικτα συμβόλαια

Σχεδιασμένα για επιχειρήσεις που αξιοποιούν το Cloud

Εξειδίκευση στο DevOps

Γιατί να μη διαλέξει κάποιος τον αντίστοιχο πάροχο Cloud

Δύσχρηστη

Συντριπτικές επιλογές

Διαχείριση κόστους

Λιγότερο αποτελεσματικό εργαλείο διαχείρισης
Όχι τόσο έτοιμη λύση για τις επιχειρήσεις

Πρόσφατη ενασχόληση με IaaS
Λιγοστά Κέντρα Δεδομένων παγκοσμίως
Λιγότερες υπηρεσίες και χαρακτηριστικά

Μερίδιο Αγοράς

62%

20%

12%

Τιμολόγηση

Ανά ώρα

Ανά λεπτό

Ανά λεπτό

Με βάση τα χαρακτηριστικά και τις προσφερόμενες λύσεις, η σύγκριση AWS vs Azure vs Google Features αποτυπώνεται στον επόμενο πίνακα :

Πίνακας 4: Διαφοροποίηση υποδομών για τους βασικούς παρόχους Cloud

Features	AWS	Microsoft Azure	Google Cloud
Maximum Processors in VM	128	128	96
Maximum Memory in VM (GiB)	3904	3800	1433
SLA Availability	Amazon EC2: 99.95% annual uptime in service year Amazon S3: Monthly uptime of at least 99.9% for any billing cycle	99.9% Uptime	99.95% Monthly Uptime
Operating Systems Supported	Windows, SLES, CentOS, CoreOS, OpenSUSE, RHEL, CloudLinux, Debian, FreeBSD, Ubuntu, Oracle Linux	Windows, SLES, CentOS, CoreOS, OpenSUSE, RHEL, Debian, FreeBSD, Ubuntu, Oracle Linux	Windows, SLES, CentOS, CoreOS, OpenSUSE, RHEL, Debian, FreeBSD, Ubuntu,
Marketplace	AWS Marketplace	Azure Marketplace	G Suite Marketplace

Πίνακας 5: Διαφοροποίηση τεχνικών χαρακτηριστικών για τους βασικούς παρόχους Cloud [14]

	AWS	Azure	Google Cloud
Compute Resources	EC2 (Elastic Compute Cloud) – a solution that manages virtual machines. Comes with pre-configured settings that can be customized by the user. CPU Limits: 1-40 CPU Memory Limits: 0.5-244 GB	Offers Virtual Machines that can be configured to manage, deploy and maintain OS and necessary server software. CPU Limits: 1-32 CPU Memory Limits: 0.75-448 GB	GCE (Google Compute Engine) – functions similarly to AWS. CPU Limits: 1 Shared-32 dedicated CPU Memory Limits: 0.6-208 GB
Storage	Amazon S3 (Simple Storage Service) comes with extensive documentation, proper	Azure Blob Storage is an elastic storage solution for large, unstructured data (up to 5 TB per item). It's highly	Google Cloud Storage provides resumable data uploads; has great interoperability with other

	AWS	Azure	Google Cloud
	<p>community support and overall good reviews from users. Allows to physically ship the data to them in order to upload it to the cloud for you.</p> <p>Costs: Starts at \$0.023 per GB Per month</p>	<p>durable, easy-to-integrate with other applications and uses top-notch 256-bit AES encryption for data protection.</p> <p>Costs: starts at \$0.002 per GB for hot storage and goes down to \$0.01 per GB per month for cool storage</p>	<p>cloud storage services and provides strong read-after-write consistency for all upload operations.</p> <p>Costs start at \$0.007 – \$0.014 per GB/month/</p>
Databases	<p>Amazon RDS (Relational Database Service) supports all major databases such as Oracle, PostgreSQL and others. The solution even handles patching, updating and some minor debugging.</p>	<p>The options available are Azure SQL database and Cloud SQL – fully managed relational databases based on SQL server. DocumentDB that can handle high-performance databases.</p>	<p>Cloud SQL is a managed MySQL database.</p> <p>The two NoSQL database options available are Cloud Datastore and Bigtable – for processing large-scale workloads.</p>
Analytics & Big Data	<p>AWS Elastic MapReduce (EMR), a robust managed Hadoop, Spark and Presto solution. Provides integration with a number of AWS services including S3 and DynamoDB. Kinesis Streams enables real-time analytics and Kinesis Firehose is a great solution for large-scale data ingestion. QuickSight is a new BI cloud service for creating data visualizations.</p>	<p>Azure offers a suite of analytical products called Cortana Intelligence. It includes Apache platform HDInsight which comes with Hadoop, Spark, Storm or HBase. Real-time data can be processed with Stream Analytics. The new Azure Data Lake is a hyper-scale data storage and analytics platform that enables to operationalize large data without the need to provision/manage computer clusters. Power BI is a neat dashboard and visualization tool. Cognitive Services suit enables advanced speech, vision, and natural language processing.</p>	<p>Cloud Dataproc is a fully managed Hadoop and Spark service. You can also use Cloud Dataflow to build custom data processing pipelines. Google has an advanced Machine Learning platform for training and hosting Tensorflow models. Additionally, APIs and pre-trained models are available for Speech, Voice and Natural Language processing tasks.</p>

Σε ένα κόσμο που χρησιμοποιεί υπηρεσίες Cloud, κάθε οργανισμός μπορεί να αξιοποιεί διαφορετικό πάροχο ανά υπηρεσία ταυτόχρονα. Οι περισσότεροι πάροχοι προσφέρουν υψηλής ποιότητας υπηρεσίες, με εξαιρετική διαθεσιμότητας, υψηλά επίπεδα ασφάλειας, πολύ καλή απόδοση και υποστήριξη πελατών. Η αγορά όμως

κυριαρχείται από τους καλύτερους τρεις (3) παρόχους την Amazon, την Google και την Microsoft.

Κάθε πάροχος, παρέχει ένα σετ υπηρεσιών που καλύπτει τις περισσότερες δικτυακές λειτουργίες. Διαφέρουν όχι μόνο ως προς την τιμολόγηση αλλά ακόμη και στον τρόπο που ομαδοποιούν και αποκαλούν τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Στη συνέχεια συγκεντρώνουμε τα περισσότερα κοινά στοιχεία υποδομών, κλιμάκωσης, ασφάλειας, παρακολούθησης, κα. Ο σκοπός μας είναι να αναδείξουμε συγκριτικά τις υπηρεσίες που προσφέρει κάθε πάροχος έτσι ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός του φόρτου εργασίας που καλύπτει τις απαιτήσεις μιας διαδικτυακής υπηρεσίας για κάθε επιχείρηση.

4.3.2 Υπολογιστική Ισχύς (Compute)

Η υπολογιστική ισχύς των υποδομών αποτελεί είναι θεμελιώδες μέγεθος. Εμπεριέχει υπηρεσίες σχετικές με τον υπολογισμό του φόρτου εργασίας. Ένας αποτελεσματικός πάροχος υπηρεσιών Cloud έχει τη δυνατότητα να αναβαθμίζει την παρεχόμενη ισχύ χιλιάδων κόμβων, μέσα σε λίγα λεπτά. Το Amazon EC2 παρέχει βασικές υπηρεσίες διαμόρφωσης των VM (Virtual Machines) με τη χρήση προσαρμοσμένων ή προρυθμισμένων AMI, ενώ η Microsoft παρέχει έναν VHD (Virtual Hard Disk), ο οποίος είναι παρόμοιος με τον AMI του Amazon για τη διαμόρφωση του VM. Τέλος, η Google παρέχει στο Google Compute Engine την εισαγωγή υπηρεσιών Cloud computing.

Με βάση τις υπηρεσίες που προσφέρει ο πάροχος, η διαφορά μεταξύ των τριών κορυφαίων δημόσιων Clouds αποτυπώνεται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 6: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς την υπολογιστική ισχύ

Services	AWS	Azure	Google
Deploy, Maintain and Manage Virtual Servers	Elastic Compute Cloud (EC2)	Virtual Machines Virtual Machine Scale Sets	Compute Engine
Platform-as-a-Service	Elastic Beanstalk	Cloud Services	Google App Engine
Management Support for Kubernetes Containers	ECS EC2 Container Service EKS	Container Service Container Service (AKS)	Kubernetes Engine
Virtual Private Sectors Made Easy	Lightsail	Virtual Machine Image	-
Docker Container Registry	EC2 Container Registry (ECR)	Container Registry	Container Registry
Docker Container Deployment		Container Service	Container Engine
Integrate Systems and Run Backended Logic Processes	Lambda	Functions Event Grid Web Jobs	Cloud Functions (Beta)
Automatic Scale Instances	Auto scaling	Azure app service Scale (PAAS) Capability AutoScaling Virtual Machine Scale Sets	Instance Groups
Instance Families	7	4	4
Instance Types	38	33	18

4.3.3 Αποθήκευση (Storage)

Η αποθήκευση δεδομένων, είναι μια από τις βασικές λειτουργίες των παρόχων υπηρεσιών Cloud. Το Amazon WS παρέχει μακροχρόνιες υπηρεσίες αποθήκευσης με την Microsoft και την Google να προσφέρουν εξίσου αξιόπιστες και λογικές επιλογές. Ακολουθεί πίνακας με βάση τη διαφοροποίηση ως προς τις υπηρεσίες αποθήκευσης που προσφέρουν οι πάροχοι.

Πίνακας 7: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς την αποθήκευση των δεδομένων

Storage Services	AWS	Azure	Google
Object Storage Service for Use Cases	Simple Storage Services (S3)	Storage (Block Blob)	Cloud Storage
Archive Storage	S3 Infrequent Access Glacier Data Archive	Storage (Cool) Storage (Archive)	Nearline Coldline
Hybrid Storage	Storage Gateway	StorSimple	Egnyte Sync
Automatic Protection and Disaster Recovery	Disaster Recovery	Site Recovery	
Bulk Data Transfer Solutions	Import/Export Disk Snowball Edge SnowMobile	Import/Export Azure Data Box	Storage Transfer Service
Backup	Object Storage Cold Storage Storage Gateway	Backup	-

4.3.4 Βάση Δεδομένων (Database)

Μια Βάση Δεδομένων που προσφέρει υπηρεσίες συσχετίζεται με το φορτίο εργασίας των δεδομένων. Αξίζει αναφοράς ότι η Microsoft υποστηρίζει μεγάλους όγκους δεδομένων τόσο για τις noSQL όσο και για τις Σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων (RDBMS). Ακολουθεί πίνακας με βάση τη διαφοροποίηση ως προς τις υπηρεσίες που σχετίζονται με της Βάση Δεδομένων και προσφέρουν οι πάροχοι.

Πίνακας 8: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς τις υπηρεσίες της Βάσης Δεδομένων

Database Services	AWS	Azure	Google
Caching	ElastiCache	RedisCache	CloudCDN
Block Storage	EBS	Page Blobs	Persistent Disks
Object Storage	S3	Blobs and Files	Google Cloud storage Block
NoSQL (Indexed)	DynamoDB	Cosmos DB	Cloud Datastore Cloud Bigtable
NoSQL (Key-value)	DynamoDB SimpleDB	Table Storage	Cloud Datastore
Database Migration	Database Migration Service	Database Migration Service	
Manage Data Warehouse	Redshift	SQL Data Warehouse	
Manage Relational Database-as-a-Service	RDS	SQL Database Database for MySQL Database for PostgreSQL	Google Cloud SQL Cloud Spanner

4.3.5 Δικτύωση και Παράδοση περιεχομένου (Networking and Content delivery)

Κάθε πάροχος υπηρεσιών Cloud προσφέρει διαφορετικά δίκτυα δεδομένων. Η Amazon παρέχει το Virtual Private Cloud, η Microsoft το Virtual Network και η Google το Subnet Network. Ακολουθεί πίνακας με βάση τη διαφοροποίηση ως προς τις υπηρεσίες που σχετίζονται με το δίκτυο δεδομένων και την παράδοση περιεχομένου που προσφέρουν οι πάροχοι.

Πίνακας 9: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς τις υπηρεσίες δικτύου δεδομένων και παράδοσης περιεχομένου

Networking & Content Delivery	AWS	Azure	Google
Load Balancing Configuration	Elastic Load Balancing	Load Balancer Application Gateway	Cloud Load Balancing
Global Content Delivery Networks	CloudFront	Content Delivery Network	Cloud Interconnect
Manage DNS Name and Records	Route 53	Traffic Manager Azure DNS	Google Cloud DNS
Cross-Premises Connectivity	API Gateway	VPN Gateway	Cloud VPN
Virtual Networking	Virtual Private Cloud	Virtual Network	Subnet
Dedicated, Private Network Connection	Direct Connect	Express Route	-

4.3.6 Διαχείριση και Παρακολούθηση (Management and Monitoring)

Κάθε πάροχος υπηρεσιών Cloud προσφέρει μια σειρά από διαφορετικές υπηρεσίες παρακολούθησης και διαχείρισης. Οι υπηρεσίες αυτές υποστηρίζουν την απόδοση, την υποδομή, το φόρτο εργασίας και τη χρήση των εφαρμογών. Ακολουθεί πίνακας με βάση τη διαφοροποίηση ως προς τις υπηρεσίες που σχετίζονται με διαχείριση και παρακολούθηση, που προσφέρουν οι πάροχοι.

Πίνακας 10: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς τις υπηρεσίες διαχείρισης και παρακολούθησης

Management & Monitoring	AWS	Azure	Google
Administration	Application Discovery Service System Manager Personal Health Dashboard	Log Analytics Operations Management Suite Resource Health Storage Explorer	Cloud Console
Billing	Billing API	Billing API	Cloud Billing API
Cloud Advisor Capabilities	Cloudwatch X-Ray Management Console	Portal Monitor Application Insights	Stackdriver Monitoring CloudShell Debugger Trace Error Reporting
DevOps Deployment Orchestration	OpsWorks (Chef-based) CloudFormation	Automation Resource Manager VM Extensions	Cloud Deployment Manager
Cloud Resources Management and Monitoring	Trusted Advisor	Advisor	Cloud Platform Security

4.3.7 Εργαλεία ανάπτυξης (Development tools)

Τα εργαλεία ανάπτυξης χρησιμοποιούνται για την κατασκευή, τη διάγνωση, τον εντοπισμό σφαλμάτων, την ανάπτυξη και διαχείριση πολυλειτουργικών κλιμακωτών εφαρμογών και υπηρεσιών. Ακολουθεί πίνακας με βάση τη διαφοροποίηση ως προς τα εργαλεία ανάπτυξης που προσφέρουν οι πάροχοι.

Πίνακας 11: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς τα εργαλεία ανάπτυξης

Development Tools	AWS	Azure	Google
Media Transcoding	Elastic Transcoder	Media services	-
App Testing	Device Farm	DevTest Labs (Backend)	Cloud Test Lab
DevOps	CodeBuild	Visual Studio Team Services	-
Developer Tools	Developer Tools	Developer Tools	-
Git Repositories	AWS Source Repositories	Azure Source Repositories	Cloud Source Repositories

4.3.8 Ασφάλεια (Security)

Η Amazon προσφέρει κορυφαίες υπηρεσίες ασφάλειας μέσω του Fortinet που παρέχει χαρακτηριστικά ασφαλείας στο Virtual Private Cloud σε πολλές ζώνες διαθεσιμότητας και κατά παραγγελία. Στην Microsoft παρέχει βελτιστοποιημένη ασφάλεια για δεδομένα και εφαρμογές καταργώντας πρόσθετες δαπάνες στις περιπτώσεις μετάπτωσης. Ακολουθεί πίνακας με βάση τη διαφοροποίηση ως προς τα εργαλεία ανάπτυξης που προσφέρουν οι πάροχοι.

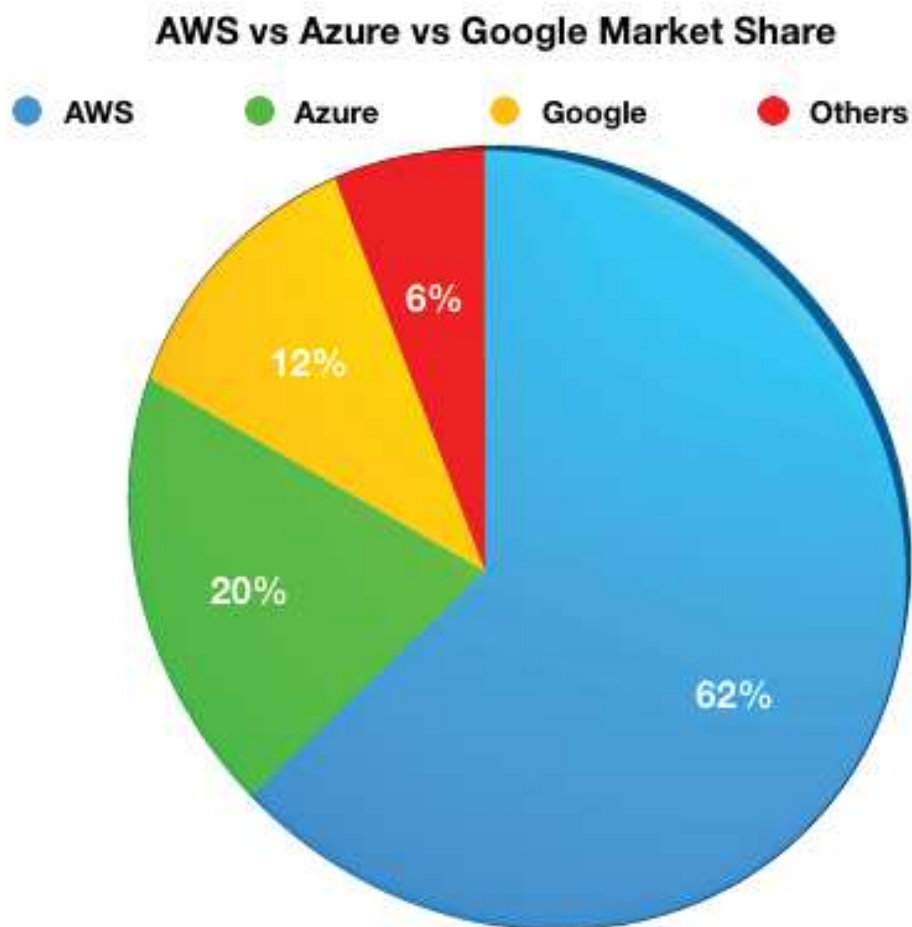
Πίνακας 12: Διαφοροποιήσεις των τριών βασικών παρόχων Cloud ως προς την ασφάλεια

Security Services	AWS	Azure	Google
Authentication and Authorization	Identity and Access Management (IAM)	Active Directory Active Directory Premium	Cloud IAM Cloud Identity-Aware Proxy
Protection with Data Encryption	Key Management Service	Storage Service Encryption	-
Firewall	Web Application Firewall	Application Gateway	-
Identity Management	Cognito	Active Directory B2C	-
Cloud Services with Protection	Shield	DDoS Protection Service	-

4.3.9 Μεριδίο Αγοράς

Η Amazon στον τομέα των εσόδων κατέχει μερίδιο αγοράς 62% που είναι τριπλάσιο από το μερίδιο αγοράς της Microsoft και πενταπλάσιο από το μερίδιο της Google. Τα τελευταία χρόνια όμως, τα έσοδα κι επομένως το μερίδιο αγοράς των Microsoft, Google παρουσιάζουν σημαντική αύξηση.

Εικόνα 9: Μεριδίο αγοράς AWS, Azure και Google [14]



Σύμφωνα με την πρόσφατη έρευνα της Gartner αποτυπώνει την ακραία ανταγωνιστικότητα στο τοπίο των υπηρεσιών Cloud.

Εικόνα 10: Market share παρόχων για το 2018 [14]

Cloud vendor	Annualized revenue	% of market	Year-over-year growth
Amazon Web Services	\$18.34 billion	51%	42%
Microsoft Azure	\$6.17 billion	17%	89%
IBM Cloud	\$4.03 billion	11%	22%
Google Cloud Platform	\$2.05 billion	6%	125%
Alibaba Cloud	\$1.79 billion	5%	92%
Salesforce	\$1.78 billion	5%	31%
Oracle Cloud	\$1.59 billion	4%	20%
Subtotal	\$35.75 billion	86%	54%
Total Gartner estimate	\$41.79 billion	100%	33%

Εικόνα 11: Τοπίο αγοράς υπηρεσιών Cloud [13]



4.3.10 Τιμολογιακή Πολιτική

Είτε ο πελάτης είναι ένα φυσικό πρόσωπο, είτε μια επιχείρηση, όλες αυτές οι υπηρεσίες Cloud κοστολογούνται με ένα μοντέλο τιμολόγησης. Αυτό είναι το καλύτερο χαρακτηριστικό αυτών των παρόχων υπηρεσιών Cloud καθώς δεν χρειάζεται κάποιος να αγοράσει μια λύση Cloud. Το μοντέλο τιμολόγησης Cloud, βασίζεται στην αρχή πληρώνω όσο χρησιμοποιώ (pay as you go). Λαμβάνοντας υπόψη το AWS Vs Azure Vs Google, η Amazon χρεώνει σε ωριαία βάση, ενώ η Azure και η Google χρεώνουν σε λεπτά της ώρας. Κάποιος μπορεί να πληρώνει είτε πριν τη χρήση, είτε κατά τη χρήση είτε μετά τη χρήση των ανάλογων υπηρεσιών. Σαφώς και σε κάθε περίπτωση ισχύουν διαφορετικές εκπτώσεις

Πίνακας 13: Μοντέλα τιμολόγησης

Public Cloud	Pricing	Models
Amazon Web Services	Per Hour – Rounded Up	On demand, Spot, and Reserved
Microsoft Azure	Per Minute – Rounded Up Commitments (Prepaid or Monthly)	On Demand- Short Term Commitments (Pre-paid or Monthly)
Google Cloud Platform	Per Minute – Rounded Up (Minimum 10 Minutes)	On Demand – Sustained Use

4.4 ΜΕΤΡΩΝΤΑΣ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΓΝΩΣΤΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ CLOUD

Ένας δημόσιος φορέας παροχής υπηρεσιών Cloud, προσφέρει στιγμιαία, κλιμακούμενη εικονική υποδομή με χρέωση. Ενώ η βιομηχανία Cloud IaaS εξομαλύνει τις τεχνολογίες πληροφορικής μέσω αυτών των πλεονεκτημάτων, η έλλειψη τυποποίησης στην απόδοση, από την πλευρά των επιχειρήσεων, μπορεί να οδηγήσει σε υπερβάσεις προκειμένου να αποκτηθούν οι απαιτούμενες επιδόσεις για τις εφαρμογές τους. [11]

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται τα αποτελέσματα από την δοκιμή των δέκα (10) μεγαλύτερων και πιο γνωστών δημόσιων παρόχων Cloud. Αυτό γίνεται με την μέτρηση και ταξινόμηση των παρόχων χρησιμοποιώντας μια μεθοδολογία συνολικής απόδοσης που σχεδιάστηκε ειδικά για το σκοπό της μέτρησης των περιβαλλόντων Cloud. Η μελέτη που τεκμηριώνεται σε αυτήν την αναφορά εξετάζει την απόδοση της αποθήκευσης vCPU, μνήμης και μπλοκ, καθώς και την αξία όπως αυτή ορίζεται από τη σχέση τιμής και απόδοσης.

Η έλλειψη μελετών αξιολόγησης επιδόσεων, στο δημόσιο Cloud IaaS, οδηγεί συχνά σε παραπληροφόρηση ή λανθασμένες υποθέσεις. Οι χρήστες ενδέχεται να δουν Cloud Computing ως εμπόρευμα, διαφοροποιημένο από τις υπηρεσίες. Η πραγματικότητα της απόδοσης στο Cloud Computing επηρεάζει τον χρήστη διαφορετικά από πάροχο σε πάροχο, συμπεριλαμβάνοντας τα πάντα από το φυσικό υλικό (π.χ. Intel ή AMD, SSD ή spinning disk), μέχρι το κόστος των εικονικά διαχειριζόμενων πόρων. Με τον εντοπισμό περιβαλλόντων που βασίζονται στην απόδοση και όχι στην καταμέτρηση των πόρων, οι χρήστες μπορούν να μεγιστοποιήσουν την αξία του Cloud.

4.4.1 Παρανοήσεις που γίνονται για την απόδοση του Cloud

Αρκετά συχνά παρατηρούνται παρανοήσεις σχετικά με την σωστή μέτρηση της απόδοσης ενός παρόχου υπηρεσιών Cloud. Ειδικότερα :

- ▶ Η απόδοση VM είναι ίδια από πάροχο σε πάροχο.

Ενώ οι πάροχοι συχνά χρησιμοποιούν τους ίδιους όρους για την ετικέτα πόρων (δηλ. vCPUs, μνήμη RAM και Block αποθήκευσης), οι τελικές διαφορές στο υποκείμενο υλικό, την αρχιτεκτονική και τη ρύθμιση απόδοσης, οδηγούν σε τελείως διαφορετικά συμπεράσματα από αυτούς καθαυτούς τους όρους, όπως vCPUs. Για παράδειγμα, μόνο στην απόδοση VM (ο εικονικός επεξεργαστής και η μνήμη), οι δέκα παροχείς στην παρούσα έκθεση κατέδειξαν διαφορές έως και 1,9 φορές παραπάνω. Με την μέτρηση της απόδοσης Block αποθήκευσης, οι διαφορές ξεπέρασαν τις 18 φορές.

► **Ότι πληρώνεις παίρνεις.**

Όταν πρόκειται για πρόσθετες υπηρεσίες όπως η υποστήριξη, η ασφάλεια, η γεωγραφική θέση και οι διαχειριζόμενες υπηρεσίες, αυτό ίσως να ισχύει. Ωστόσο, όσον αφορά τις επιδόσεις, η μελέτη αυτή δεν διαπίστωσε συσχέτιση μεταξύ τιμής και απόδοσης. Τουναντίον κατέδειξε ότι οι πάροχοι της καλύτερης αξίας σε αυτήν την έκθεση (που ορίζεται ως ο λόγος τιμής προς απόδοση όπως κατατάσσεται από εργαλεία όπως το CloudSpecs Score) προσφέρουν εικονικούς πόρους σε αρκετά χαμηλότερες τιμές. Επιπλέον για ίδια μεγέθη VMs καταγράφηκε ένα φάσμα τιμών με διαφορά έως και 5.8x μεταξύ των λιγότερο και πιο δαπανηρών παρόχων.

► **Ο ισχυρισμός των πόρων, γνωστός με την έννοια του θορυβώδους γειτονικού αποτελέσματος, δεν αποτελεί ανησυχία για τους περισσότερους παρόχους.**

Ένα περιβάλλον Cloud προσφέρει πολυάσχολους φυσικούς Hosts, γεγονός που σημαίνει ότι μια επιχείρηση μπορεί να μοιράζεται τους ίδιους φυσικούς πόρους με διαφορετικούς χρήστες στο ίδιο υλικό. Με την έλλειψη κατανόησης των δραστηριοτήτων άλλων χρηστών, οι εφαρμογές δημιουργίας πόρων μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση άλλων VM στο ίδιο μηχάνημα υποδοχής. Ενώ οι περισσότεροι από τους παρόχους αντιμετώπισαν το πρόβλημα σε μια προσπάθεια να σταθεροποιήσουν την απόδοση του VM, οι προσφορές σε μπλοκ αποθήκευσης εξακολουθούν να παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα διακυμάνσεων απόδοσης, τα οποία μπορεί να σχετίζονται με άλλες δραστηριότητες στον ίδιο φυσικό κεντρικό υπολογιστή όπως και οι δοκιμαστές VM του Cloud Spectator. Η διακύμανση των επιδόσεων που αποδεικνύεται σε ορισμένους παρόχους μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις εφαρμογές που φιλοξενούν.

► **Εάν ο θορυβώδης γείτονας ανησυχεί, τότε η απόδοση είναι πολύ απρόβλεπτη.**

Στα περιβάλλοντα Public Cloud, ορισμένοι πάροχοι, όπως η Microsoft Azure και η Amazon Web Services, χρησιμοποιούν τον περιορισμό επιδόσεων για να παρέχουν μια αξιόπιστη εμπειρία στο χρήστη ανεξάρτητα από το πραγματικό φορτίο του ίδιου του χρήστη στη φυσική μηχανή. Αυτό σημαίνει ότι, ενώ η απόδοση μπορεί να είναι χαμηλότερη για το VM, ο χρήστης δεν θα δει πολλές αλλαγές με την πάροδο του χρόνου.

Στην τρέχουσα ενότητα εξετάζονται τα αποτελέσματα μιας μελέτης που μετρά και συγκρίνει την απόδοση και την τιμή-απόδοση δέκα (10) παρόχων υπηρεσιών Cloud. Αυτή η λίστα περιελάμβανε σημαντικούς παρόχους όπως την Amazon AWS, την

Google Compute Engine, την Microsoft Azure και την IBM SoftLayer. Οι μικρότεροι πάροχοι, μερικοί από τους οποίους ειδικεύονται στην υψηλή απόδοση και την επιθετική τιμολόγηση, μπορούν να επιτύχουν υψηλότερες αποδόσεις.

Τα αποτελέσματα απόδοσης χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες: απόδοση VM και απόδοση των Block αποθήκευσης. Η απόδοση VM ελέγχει τη CPU και τη μνήμη της εικονικής μηχανής. Αυτά τα δεδομένα επιδόσεων συγκεντρώνονται σε μία βαθμολογία που περιλαμβάνει τόσο τη CPU όσο και τη μνήμη. Τα Block αποθήκευσης ελέγχονται χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικές δοκιμές που περιγράφονται λεπτομερώς στη συνέχεια.

4.4.2 Συνολική απόδοση των παρόχων υπηρεσιών Cloud

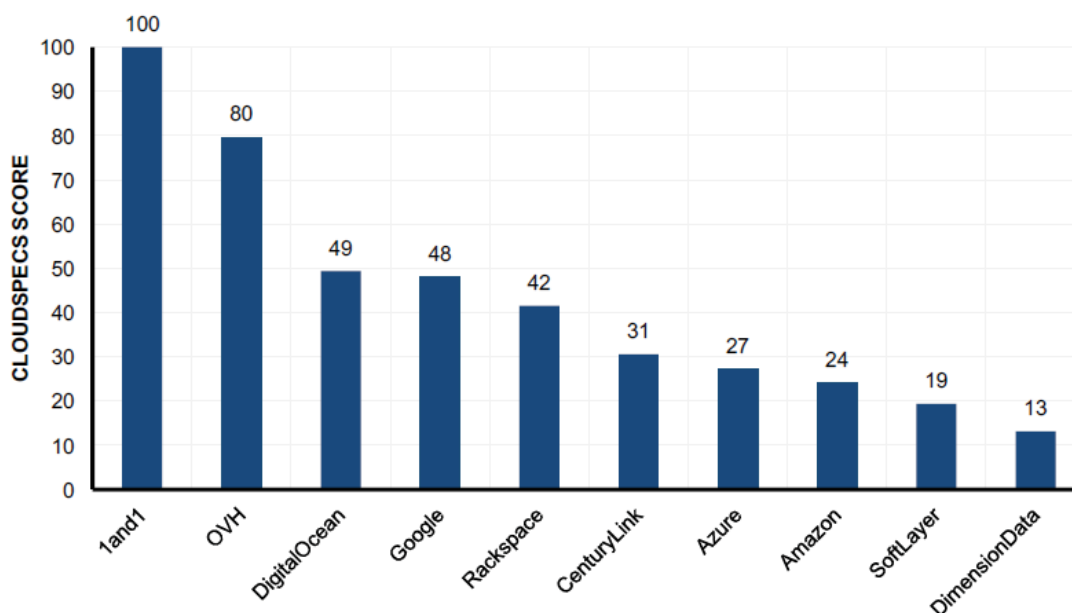
Η αξία, που ορίζεται ως ο λόγος τιμής προς απόδοση, διαφέρει κατά 7.7 φορές ανάμεσα στους παρόχους υπηρεσιών IaaS.

Ο πάροχος 1&1 πέτυχε το υψηλότερο CloudSpecs Score, στην κατάταξη. Αυτό οφείλεται στην ισχυρή απόδοση του VM και στην αρκετά φθηνότερη τιμή.

Ενώ ορισμένοι παροχείς όπως το Rackspace μπορεί να έχουν επιτύχει υψηλότερη απόδοση από το μέσο όρο για τα περιβάλλοντα VM, η τιμή-απόδοσης που επιτεύχθηκε από αυτούς τους τύπους παρόχων ήταν χαμηλότερη λόγω του υψηλότερου κόστους.

Σημειώνεται ότι στη συγκεκριμένη μελέτη, δεν λαμβάνονται υπόψη, πρόσθετα χαρακτηριστικά όπως οι διαχειριζόμενες υπηρεσίες, οι οποίες περιλαμβάνονται στην τιμολόγηση του Rackspace.

Εικόνα 12: Συνολική απόδοση παρόχων υπηρεσιών Cloud [15]



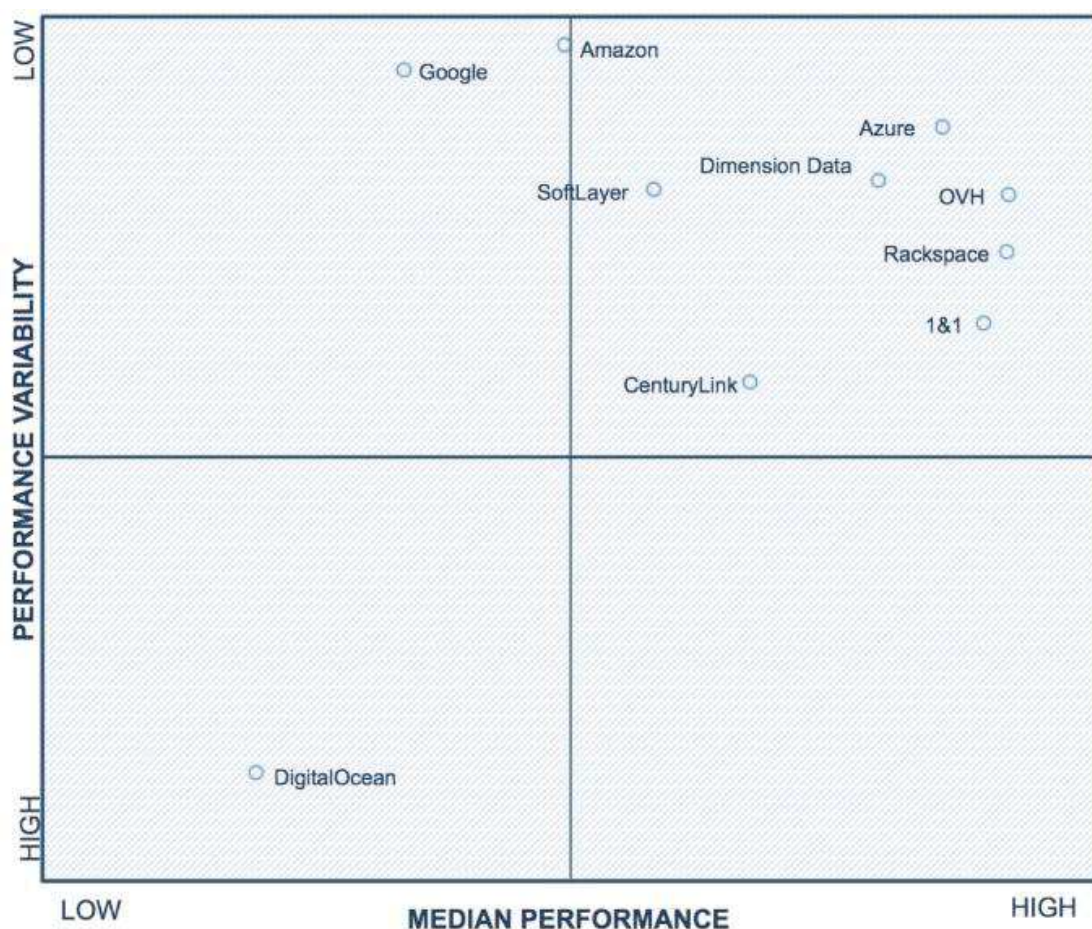
4.4.3 Απόδοση των VM και μεταβλητότητα στο 24-ωρο

Σε ορισμένα σενάρια, οι πάροχοι εμφάνισαν διαφορά σχεδόν διπλάσια σε απόδοση VM (CPU & μνήμη), υπογραμμίζοντας την ανάγκη πραγματοποίησης δοκιμών για την ουσιαστική κατανόηση της αξίας.

Οι διαφορές απόδοσης στους δέκα κορυφαίους παρόχους δείχνουν έλλειψη τυποποίησης στο Public Cloud. Συνολικά, τα VMs της Microsoft Azure (βαθμολογία δείκτη απόδοσης 92 με μεταβλητότητα 2%) κατέδειξαν τη μεγαλύτερη διάμεση απόδοση και τη μεταβλητότητα της χαμηλότερης απόδοσης, ενώ τα VMs της Digital Ocean απέδειξαν τη χαμηλότερη διάμεση απόδοση και τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα απόδοσης (δείκτης απόδοσης 60% με μεταβλητότητα 16% στη μελέτη).

Το Amazon AWS, το Microsoft Azure και το Google Compute Engine έδειξαν τη μικρότερη μεταβλητότητα απόδοσης στην 24ωρη δοκιμαστική περίοδο.

Εικόνα 13: Απόδοση των VM και μεταβλητότητα στο 24-ωρο [15]



4.4.4 Απόδοση των Block αποθήκευσης και μεταβλητότητα στο 24-ωρο

Η διακύμανση επιδόσεων δίσκου δεδομένων ξεπέρασε το 66% σε ορισμένα σενάρια.

Συγκεκριμένα, η Microsoft Azure παρουσίασε τη χαμηλότερη μεταβλητότητα απόδοσης κατά την περίοδο δοκιμών. Το AWS της Amazon κατέδειξε επίσης ελεγχόμενο ρυθμό επιδόσεων στο δίσκο IOPS. Το αντίστοιχο επίπεδο στραγγαλισμού, στους δίσκους AWS EBS, προσδιορίζεται από το μέγεθος. Η μεγάλη διακύμανση μεταβλητότητας στο AWS, οφείλεται σε μια λειτουργία που είναι ενσωματωμένη στο EBS (Elastic BeanStalk) και δεν είναι αντιπροσωπευτική ενός ασταθούς περιβάλλοντος.

Ο πάροχος Rackspace δοκιμάστηκε υψηλότερα στην απόδοση διάμεσου δίσκου IOPS με μέτρια μεταβλητότητα απόδοσης στο επίπεδο του 12%.

Εικόνα 14: Απόδοση των Block αποθήκευσης και μεταβλητότητα στο 24-ωρο [15]



Τα παραπάνω συμπεράσματα και τα γραφήματα 12 και 13 αποτυπώνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 14: Απόδοση και μεταβλητότητα των παρόχων στο 24-ωρο [15]

	VM		Block Disk	
	Performance Index	Variability	Performance Index	Variability
1&1	94	6%	49	21%
Amazon*	75	1%	17	49%
Azure	92	2%	18	2%
CenturyLink	83	8%	11	28%
DigitalOcean	60	16%	48	9%
Dimension Data	89	3%	11	55%
Google	67	1%	50	3%
OVH	96	4%	33	2%
Rackspace	95	5%	90	12%
SoftLayer	79	4%	20	4%

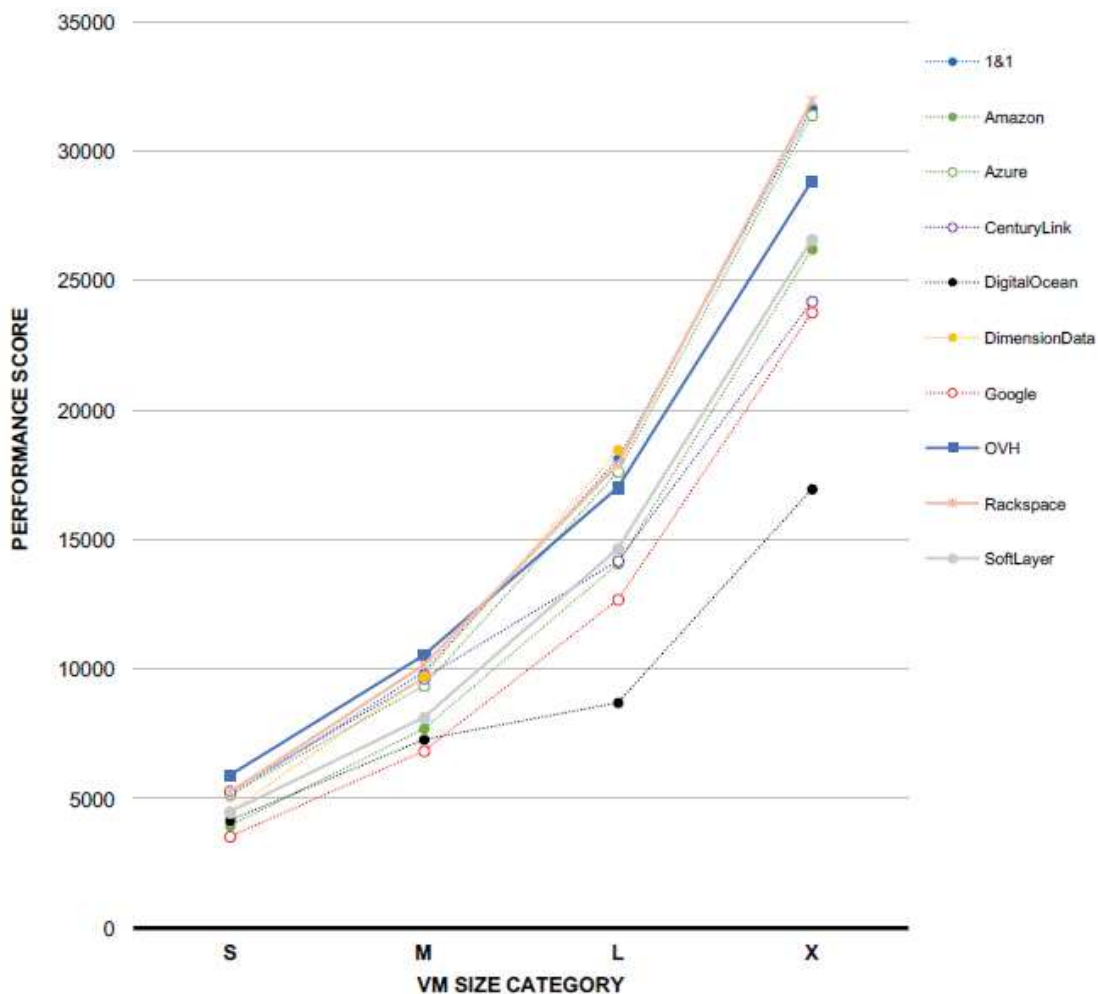
Ο δείκτης απόδοσης υπολογίζεται με την ευρετηρίαση των επιμέρους βαθμολογιών απόδοσης που επιτυγχάνονται από κάθε κατηγορία VM (κατηγοριοποιημένες ως Μικρές, Μεσαίες, Μεγάλες και Πολύ Μεγάλες) σε μια κλίμακα 0-100 με το 100 να αντιπροσωπεύει το υψηλότερο δυνατό σκορ. Ο μέσος όρος σε όλες τις κατηγορίες VM υπολογίζεται ότι αντιπροσωπεύει το Δείκτη απόδοσης για κάθε πάροχο.

Η μεταβλητότητα υπολογίζεται ως ο μέσος συντελεστής μεταβλητότητας (Coefficient of Variation), ο οποίος είναι η τυπική απόκλιση που εκφράζεται ως ποσοστό της μέσης απόδοσης για τις κατηγορίες VM κάθε πάροχου. Οι υψηλότερες τιμές του συντελεστή συσχετίζονται με μεγαλύτερη διακύμανση της απόδοσης (δηλ. μεγαλύτερη μεταβλητότητα απόδοσης) κατά την περίοδο δοκιμής.

4.4.5 Απόδοση vCPU και Μνήμης

Όταν αυξάνεται η μνήμη μιας μηχανής VM τότε καταγράφονται σημαντικές διαφορές στην απόδοση από πάροχο σε πάροχο. Ειδικότερα στην κατηγορία μικρών VMs η διαφορά φθάνει έως και 1,7 φορές ανάμεσα στους παρόχους. Στην κατηγορία μεγάλων VMs η διαφορά είναι 1,9 φορές μεγαλύτερη.

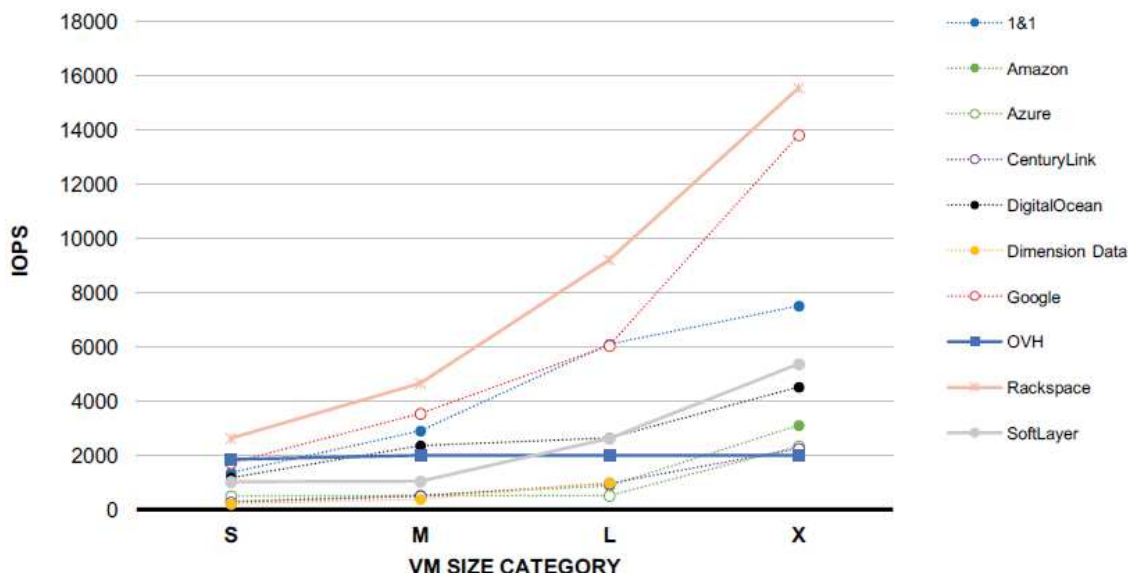
Εικόνα 15: Απόδοση vCPU και Μνήμης [15]



4.4.6 Απόδοση των Block αποθήκευσης

Όταν αυξάνεται η μνήμη μιας μηχανής VM τότε καταγράφονται σημαντικές διαφορές στην απόδοση από πάροχο σε πάροχο. Ειδικότερα στην κατηγορία μικρών VMs η διαφορά φθάνει έως και 1,7 φορές ανάμεσα στους παρόχους. Στην κατηγορία μεγάλων VMs η διαφορά είναι 1,9 φορές μεγαλύτερη.

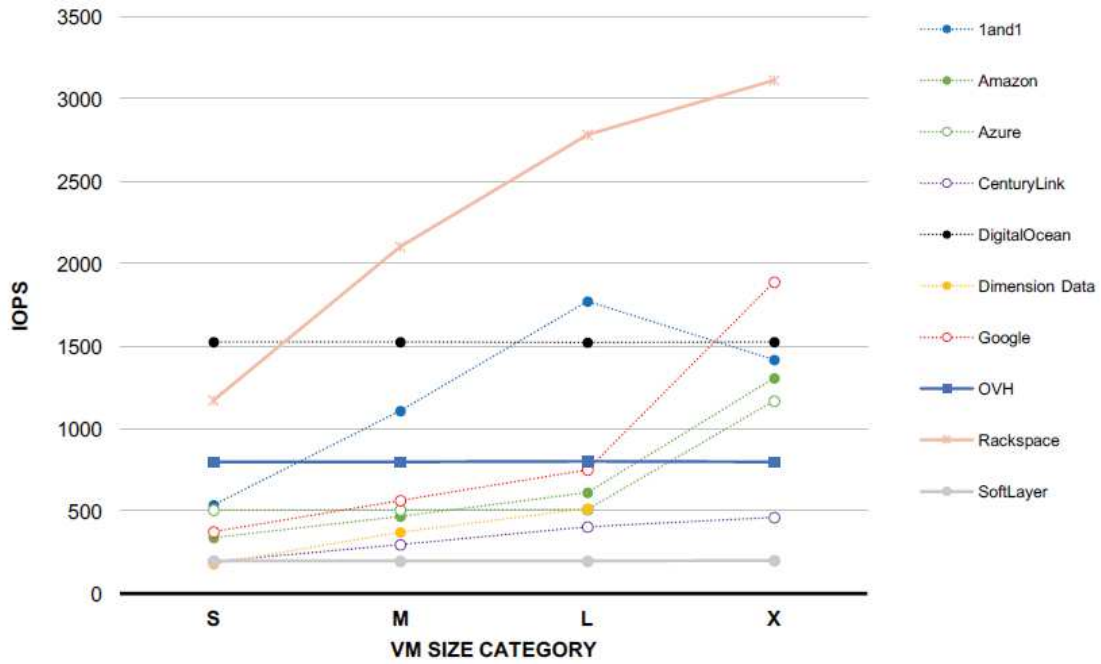
Εικόνα 16: Απόδοση Block αποθήκευσης (Μεγάλος Δίσκος) [15]



Το Block αποθήκευσης δεν δημιουργείται εξίσου μεταξύ των παρόχων σε σχέση με το υλικό, την αρχιτεκτονική ή τις επιδόσεις. Καταγράφεται διαφορά μεγαλύτερη από 18x μεταξύ των υψηλότερων και των χαμηλότερων επιδόσεων.

Παρόλο που οι μικρές, μεσαίες και μεγάλες VM του Amazon AWS παρουσιάζουν διακυμάνσεις απόδοσης, αυτή η διακύμανση ελέγχεται. Στα Block αποθήκευσης του AWS κατανέμεται ένα όριο χρόνου εκτέλεσης ρήξης, το οποίο εξαρτάται από το μέγεθος του όγκου μπλοκ - όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση, τόσο μεγαλύτερο είναι το όριο για την απόδοση ρήξης. Αφού λήξει το χρονικό όριο διάρρηξης, η απόδοση υποχωρεί με βάση το μέγεθος της έντασης. Το όριο ρήξης σε όγκους μικρότερους από 1TB είναι 3.000 IOPS. Η εξαιρετικά μεγάλη ένταση μπλοκ στο AWS δεν παρουσιάζει διακύμανση των επιδόσεων, γεγονός που υποδεικνύει τη σταθερότητα των Block αποθήκευσης σε αυτό τον πάροχο.

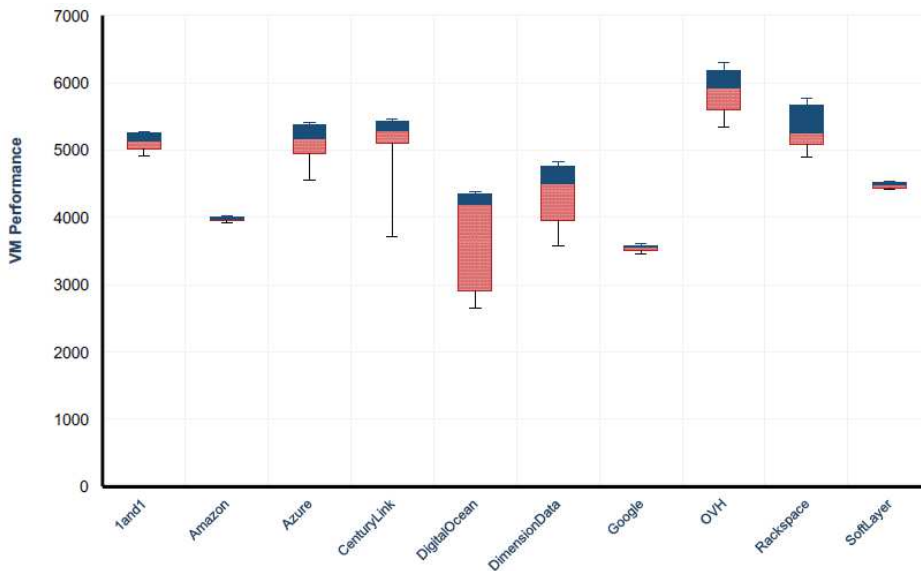
Εικόνα 17: Απόδοση Block αποθήκευσης (Μικρός Δίσκος) [15]



4.4.7 Απόδοση των VM ανά τύπο μηχανής

Η απόδοση του Virtual Machines (VM), απεικονίζεται χρησιμοποιώντας ποσοστά εκατοστημορίου που ανακτώνται από όλα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν. Τα ποσοστά 5ου εκατοστημορίου και 95ου εκατοστημορίου χρησιμοποιούνται αντί για ελάχιστες και μέγιστες βαθμολογίες, προκειμένου να εξαιρούνται πιθανά αποθέματα. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται μεσαίες βαθμολογίες αντί για μέσες τιμές για να αποφεύγονται οι τιμές που υπερβαίνουν τα όρια. Οι πληροφορίες έχουν ενσωματωθεί σε γραφήματα εκατοστημίων και αντίστοιχους πίνακες τιμών οι οποίοι σχεδιάστηκαν για να απεικονίσουν τις παραλλαγές απόδοσης που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της δοκιμής στο χρόνο.

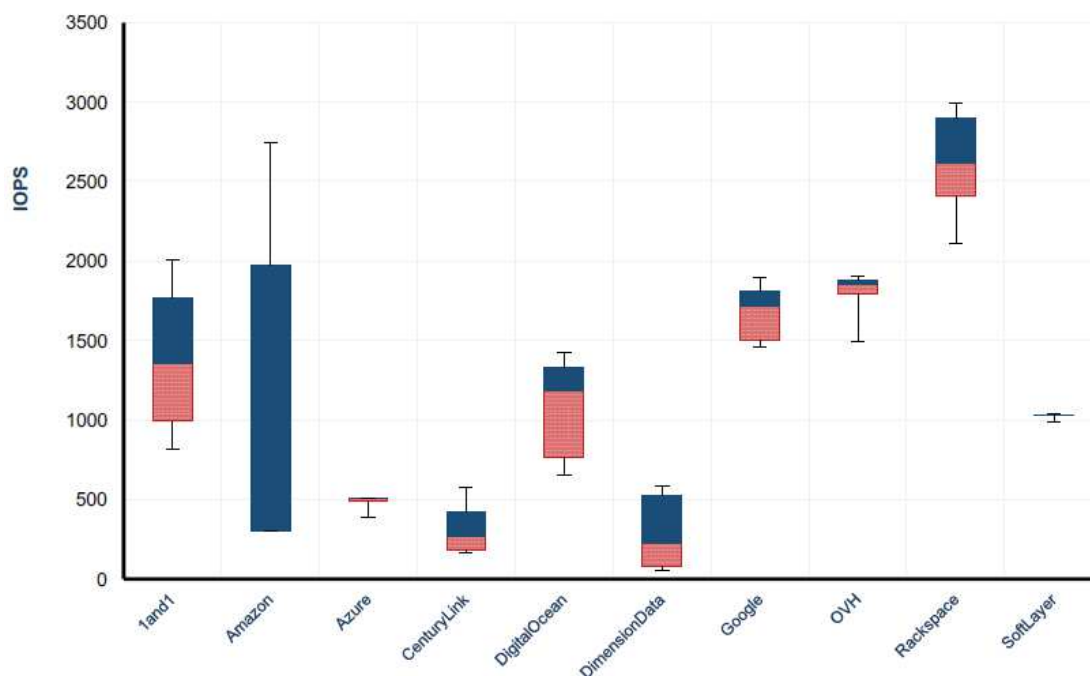
Εικόνα 18: Απόδοση VM (Μικρά VMs) [15]



Πίνακας 15: Απόδοση VM (Μικρά VMs) [15]

PROVIDER	MIN	5TH	MEDIAN	95TH	MAX	STDEV	CV
1&1	4912	5013	5131	5244	5272	66	1%
Amazon	3921	3945	3973	4000	4018	17	0%
Azure	4556	4949	5163	5371	5402	162	3%
CenturyLink	3708	5108	5293	5422	5461	160	3%
DigitalOcean	2656	2905	4189	4346	4386	550	14%
Dimension Data	3573	3952	4504	4757	4822	248	6%
Google	3455	3502	3550	3581	3611	25	1%
OVH	5350	5593	5918	6184	6295	180	3%
Rackspace	4887	5079	5255	5671	5764	200	4%
SoftLayer	4410	4439	4481	4515	4534	23	1%

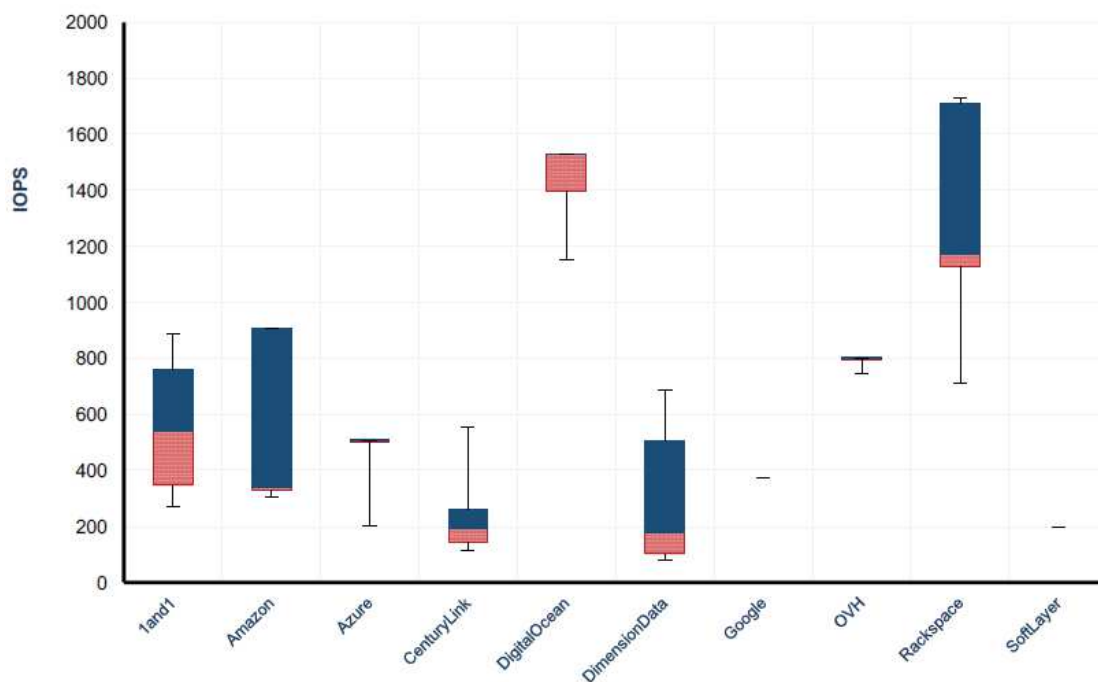
Εικόνα 19: Απόδοση Block Disk (Μικρά VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]



Πίνακας 16: Απόδοση Block Disk (Μικρά VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]

PROVIDER	MIN	5TH	MEDIAN	95TH	MAX	STDEV	CV
1&1	818	993	1361	1767	2011	227	16%
Amazon	301	301	301	1974	2747	473	114%
Azure	389	487	506	507	508	15	3%
CenturyLink	162	186	267	424	577	81	29%
DigitalOcean	656	764	1184	1331	1423	204	18%
Dimension Data	52	80	222	526	586	127	53%
Google	1461	1500	1717	1812	1893	97	6%
OVH	1493	1791	1849	1882	1906	40	2%
Rackspace	2108	2404	2619	2898	2990	172	7%
SoftLayer	991	1029	1029	1030	1037	3	0%

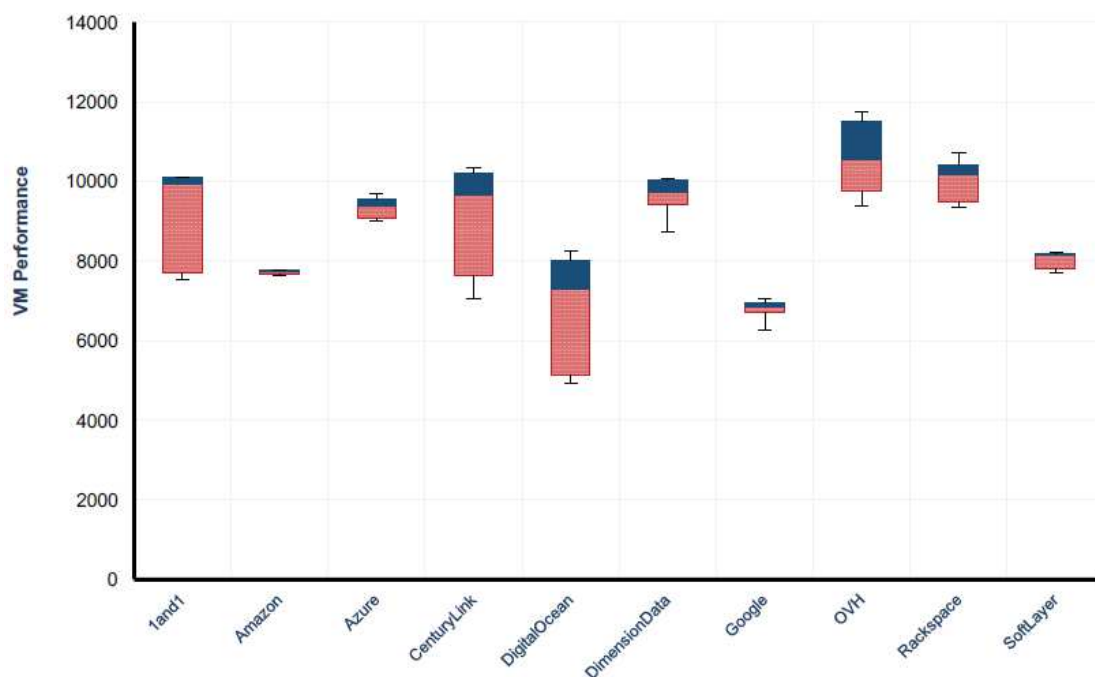
Εικόνα 20: Απόδοση Block Disk (Μικρά VMs – Μικρός Δίσκος) [15]



Πίνακας 17: Απόδοση Block Disk (Μικρά VMs – Μικρός Δίσκος) [15]

PROVIDER	MIN	5TH	MEDIAN	95TH	MAX	STDEV	CV
1and1	269	347	538	759	889	125	23%
Amazon	304	328	338	908	908	259	52%
Azure	205	502	506	508	508	28	6%
CenturyLink	114	145	194	261	557	48	24%
DigitalOcean	1151	1398	1527	1528	1528	57	4%
Dimension Data	81	102	180	506	688	133	56%
Google	375	375	375	375	375	0	0%
OVH	744	793	800	801	801	5	1%
Rackspace	711	1127	1171	1710	1729	234	18%
SoftLayer	199	199	199	199	199	0	0%

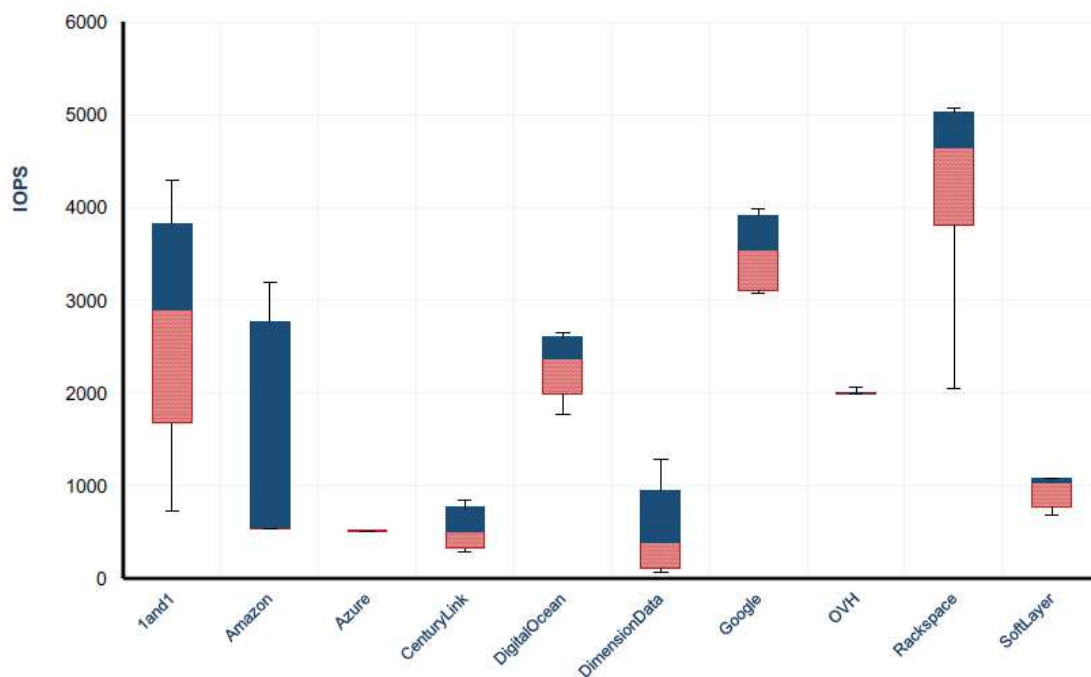
Εικόνα 21: Απόδοση Block Disk (Μεσαία VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]



Πίνακας 18: Απόδοση Block Disk (Μεσαία VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]

PROVIDER	MIN	5TH	MEDIAN	95TH	MAX	STDEV	CV
1and1	7518	7686	9911	10089	10116	995	11%
Amazon	7627	7655	7718	7751	7771	29	0%
Azure	8993	9072	9376	9553	9672	156	2%
CenturyLink	7038	7625	9657	10189	10358	833	9%
DigitalOcean	4918	5122	7299	8000	8257	1119	16%
DimensionData	8743	9402	9726	10039	10075	201	2%
Google	6261	6716	6854	6947	7033	80	1%
OVH	9376	9762	10545	11496	11764	524	5%
Rackspace	9352	9483	10158	10386	10732	332	3%
SoftLayer	7720	7819	8131	8190	8214	136	2%

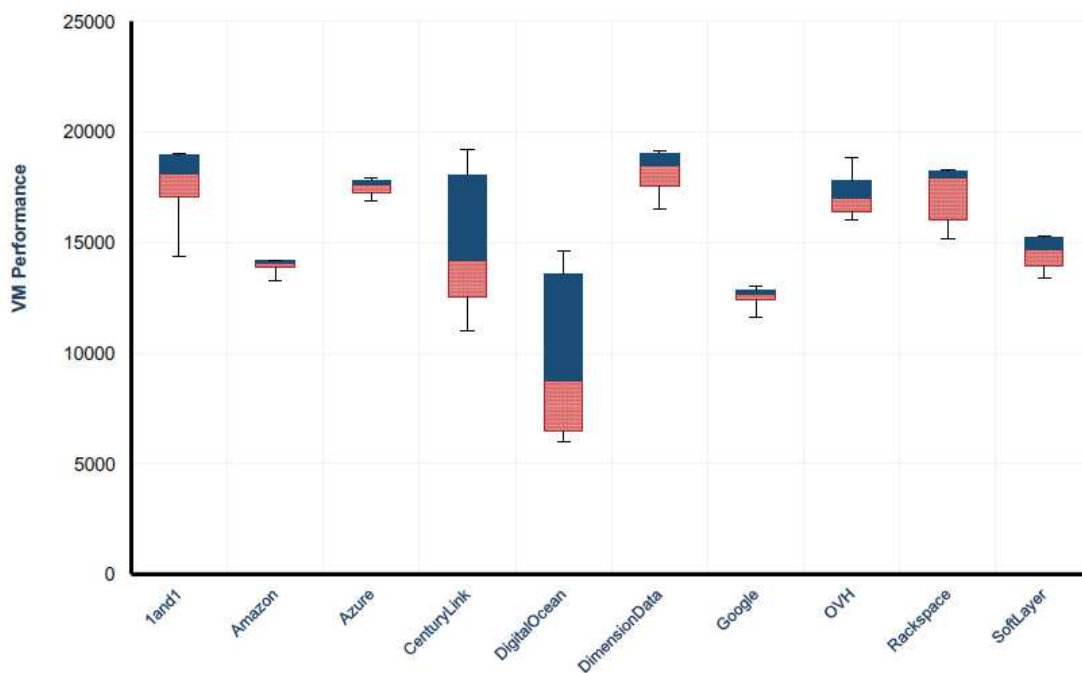
Εικόνα 22: Απόδοση Block Disk (Μεσαία VMs – Μικρός Δίσκος) [15]



Πίνακας 19: Απόδοση Block Disk (Μεσαία VMs – Μικρός Δίσκος) [15]

PROVIDER	MIN	5TH	MEDIAN	95TH	MAX	STDEV	CV
1and1	725	1672	2900	3833	4288	733	26%
Amazon	538	538	539	2768	3198	617	87%
Azure	507	507	509	509	509	1	0%
CenturyLink	281	319	500	762	841	145	28%
DigitalOcean	1766	1995	2369	2596	2659	208	9%
DimensionData	62	109	385	950	1276	279	63%
Google	3069	3104	3550	3918	3991	263	7%
OVH	1983	1989	1998	2001	2062	9	0%
Rackspace	2047	3813	4649	5026	5080	453	10%
SoftLayer	675	771	1035	1072	1075	97	10%

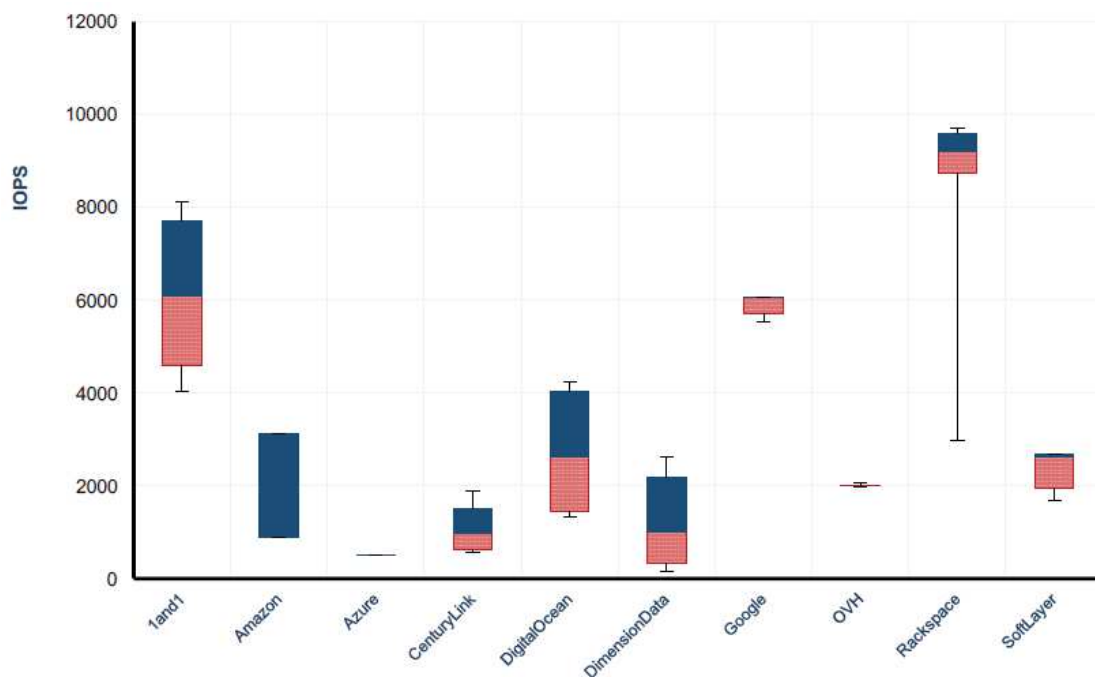
Εικόνα 23: Απόδοση Block Disk (Μεγάλα VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]



Πίνακας 20: Απόδοση Block Disk (Μεγάλα VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]

PROVIDER	MIN	5TH	MEDIAN	95TH	MAX	STDEV	CV
1and1	14356	17087	18105	18935	19004	624	3%
Amazon	13237	13840	14079	14157	14178	121	1%
Azure	16891	17243	17625	17819	17895	219	1%
CenturyLink	10993	12512	14186	18073	19205	2028	14%
DigitalOcean	5994	6486	8724	13609	14618	2091	23%
DimensionData	16518	17570	18480	19037	19135	478	3%
Google	11600	12438	12692	12822	12990	175	1%
OVH	16012	16405	17012	17802	18826	450	3%
Rackspace	15167	16021	17895	18208	18286	734	4%
SoftLayer	13409	13930	14646	15215	15263	426	3%

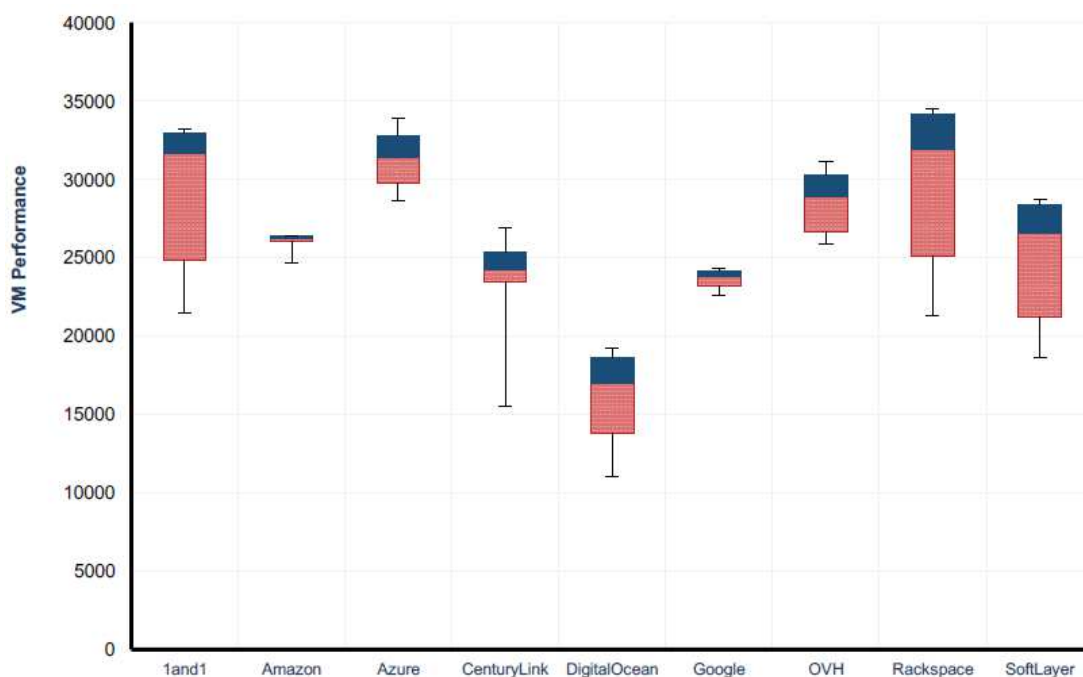
Εικόνα 24: Απόδοση Block Disk (Μεγάλα VMs – Μικρός Δίσκος) [15]



Πίνακας 21: Απόδοση Block Disk (Μεγάλα VMs – Μικρός Δίσκος) [15]

PROVIDER	MIN	5TH	MEDIAN	95TH	MAX	STDEV	CV
1and1	4046	4593	6100	7695	8129	1013	17%
Amazon	878	878	879	3109	3110	644	60%
Azure	507	508	508	509	509	1	0%
CenturyLink	570	628	965	1503	1882	287	28%
DigitalOcean	1331	1469	2641	4032	4245	744	29%
DimensionData	173	345	1003	2197	2629	559	55%
Google	5519	5708	6057	6060	6067	110	2%
OVH	1991	1999	2002	2002	2056	9	0%
Rackspace	2976	8741	9219	9597	9701	668	7%
SoftLayer	1682	1943	2623	2692	2695	269	11%

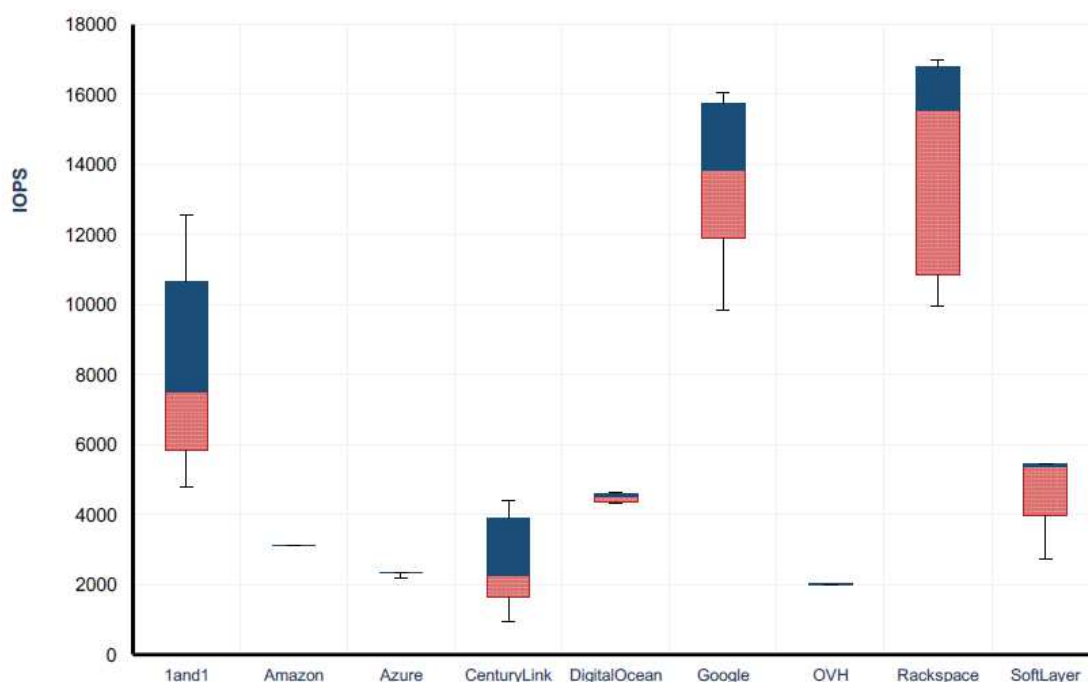
Εικόνα 25: Απόδοση Block Disk (Πολύ Μεγάλα VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]



Πίνακας 22: Απόδοση Block Disk (Πολύ Μεγάλα VMs – Μεγάλος Δίσκος) [15]

PROVIDER	MIN	5TH	MEDIAN	95TH	MAX	STDEV	CV
1and1	21417	24861	31636	32978	33168	3031	10%
Amazon	24650	26047	26224	26362	26401	184	1%
Azure	28609	29766	31388	32770	33911	967	3%
CenturyLink	15510	23407	24197	25309	26933	1173	5%
DigitalOcean	11005	13803	16968	18601	19218	1547	9%
Google	22584	23231	23790	24158	24333	285	1%
OVH	25868	26605	28845	30239	31127	1219	4%
Rackspace	21274	25136	31942	34182	34447	2619	8%
SoftLayer	18636	21201	26579	28360	28704	2375	9%

Εικόνα 26: Απόδοση Block Disk (Πολύ Μεγάλα VMs – Μικρός Δίσκος) [15]



Πίνακας 23: Απόδοση Block Disk (Πολύ Μεγάλα VMs – Μικρός Δίσκος) [15]

PROVIDER	MIN	5TH	MEDIAN	95TH	MAX	STDEV	CV
1and1	4794	5833	7512	10662	12568	1626	21%
Amazon	3106	3109	3109	3110	3110	1	0%
Azure	2171	2333	2336	2346	2346	21	1%
CenturyLink	937	1644	2255	3894	4408	806	32%
DigitalOcean	4310	4369	4521	4598	4620	76	2%
Google	9847	11898	13817	15727	16040	1141	8%
OVH	1990	1997	2001	2002	2011	3	0%
Rackspace	9929	10854	15561	16761	16996	2036	14%
SoftLayer	2715	3960	5364	5439	5444	762	15%

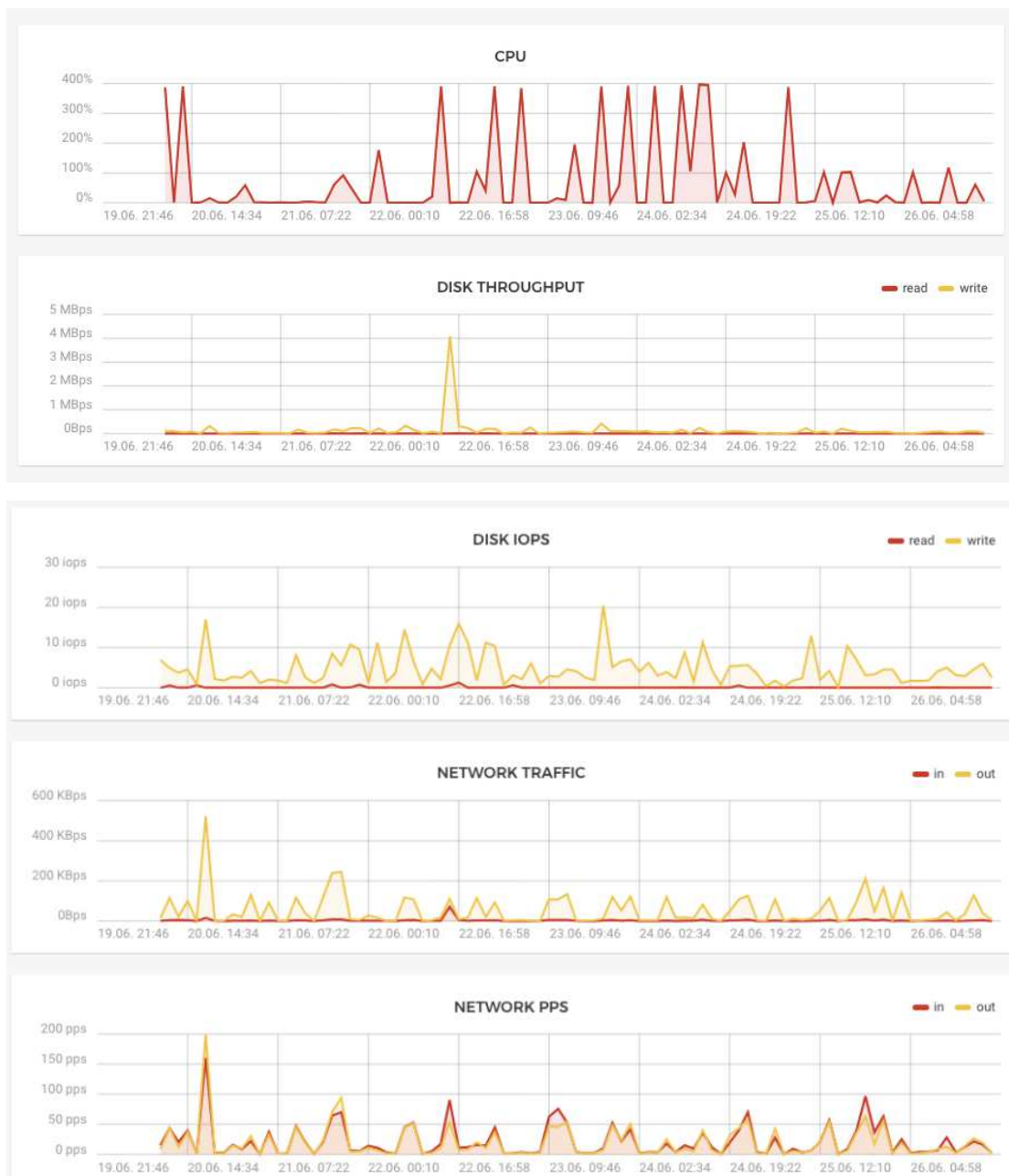
4.5 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ MICROSOFT AZURE ΓΙΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Στις προηγούμενες παραγράφους αποτυπώσαμε τις επιδόσεις των παρόχων χωρίς να δίνουμε ιδιαίτερη σημασία στην απόδοση των υποδομών όταν αξιοποιούνται για μια συγκεκριμένη διαδικτυακή εφαρμογή. [10]

Στην παρούσα παράγραφο επιχειρούμε την καταγραφή κι αξιολόγηση των επιδόσεων της υποδομής Microsoft Azure στην απόδοση μιας συγκεκριμένης εφαρμογής εξυπηρέτησης πελατών για μια εταιρεία παροχής υπηρεσιών Πληροφορικής & Επικοινωνιών. Η εφαρμογή λειτουργεί σε υποδομή Azure Cloud της Microsoft και χρησιμοποιείται για να εξυπηρετεί το τμήμα Helpdesk και Service.

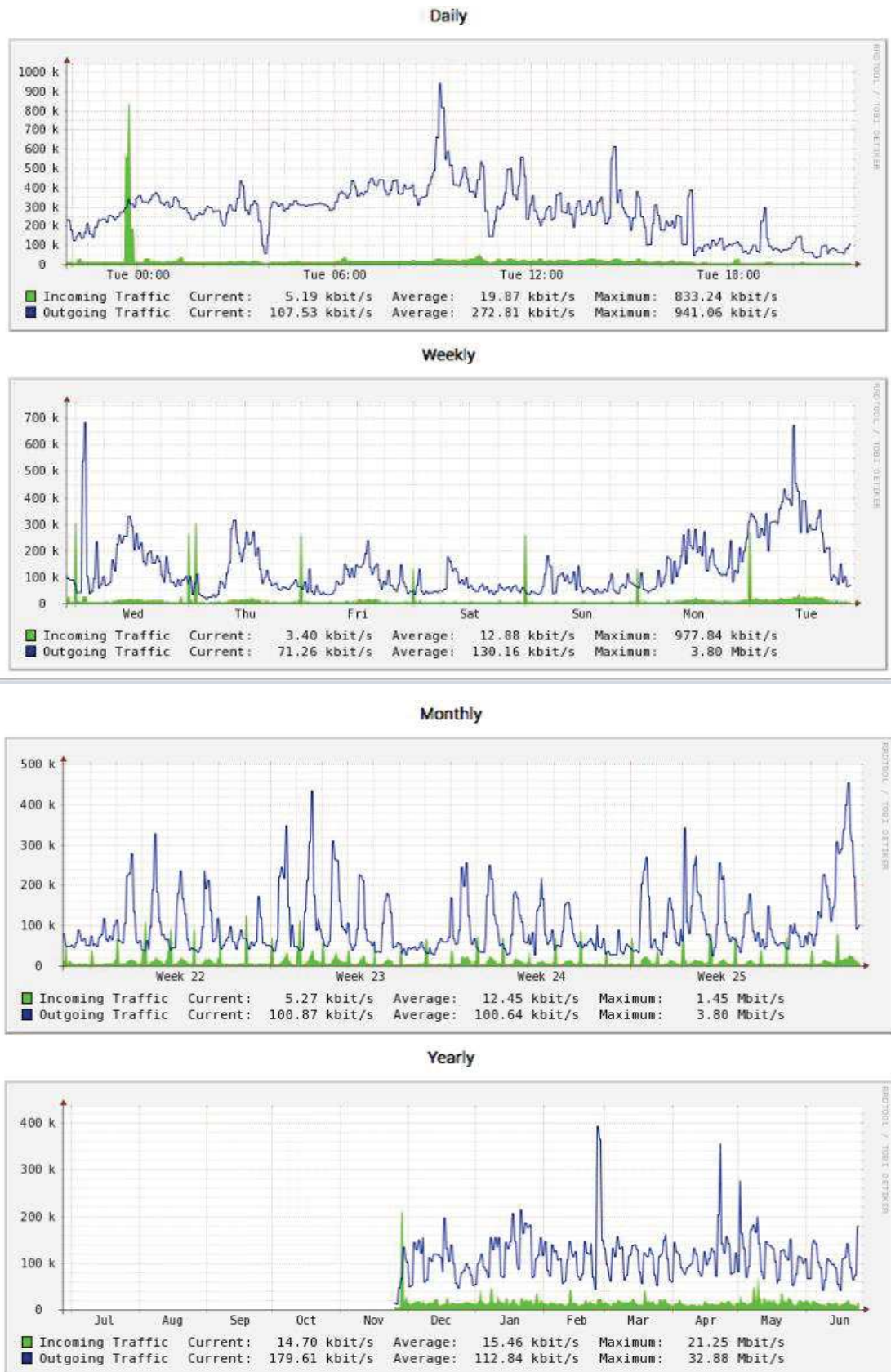
Ειδικότερα καταγράφουμε επιδόσεις CPU, Disk Throughput,

Εικόνα 27: Απόδοση υπολογιστικών πόρων διαδικτυακής εφαρμογή [16]



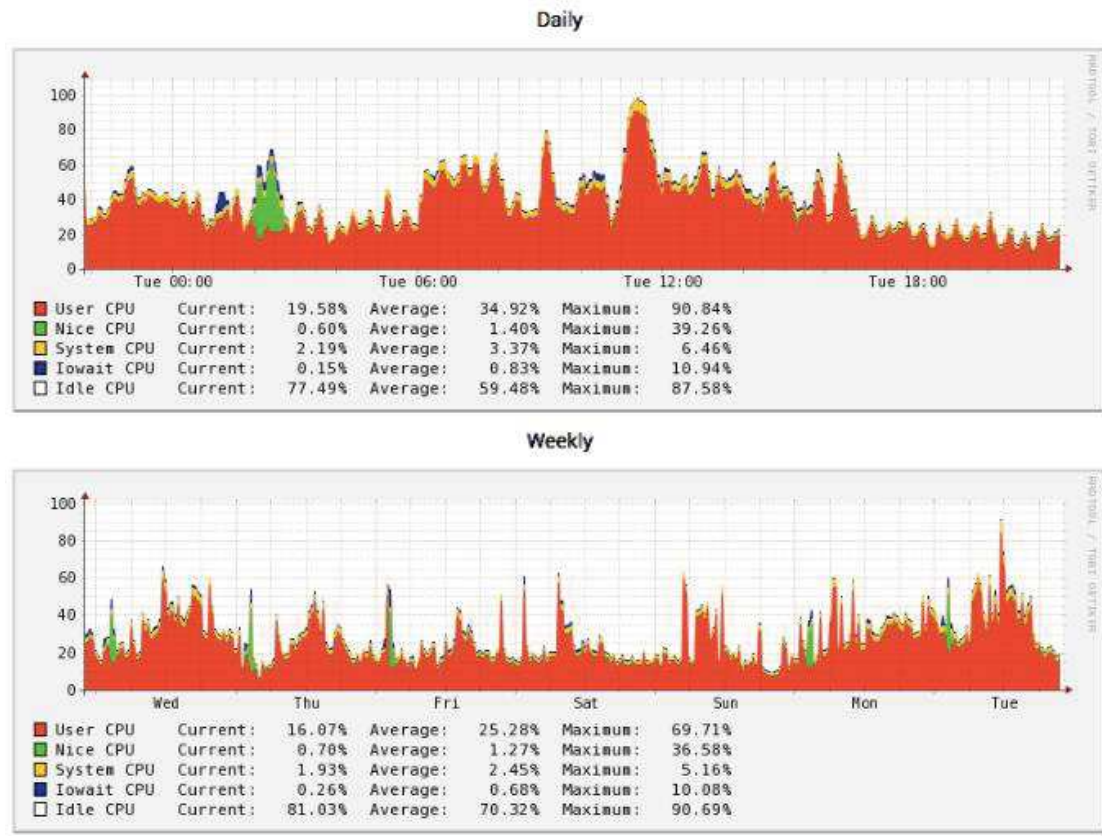
Στο προηγούμενο σχήμα αποτυπώνεται η υπερ-χρήση της CPU ιδιαίτερα τις πρώτες πρωινές ώρες προσεγγίζοντας ένα ποσοστό της τάξεως του 400%. Την ίδια στιγμή παρότι το Disk Throughput είναι σχετικά χαμηλό η καταγραφή των iOPS παραμένει υψηλή.

Εικόνα 28: Καταγραφή κίνησης του δικτύου σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16]

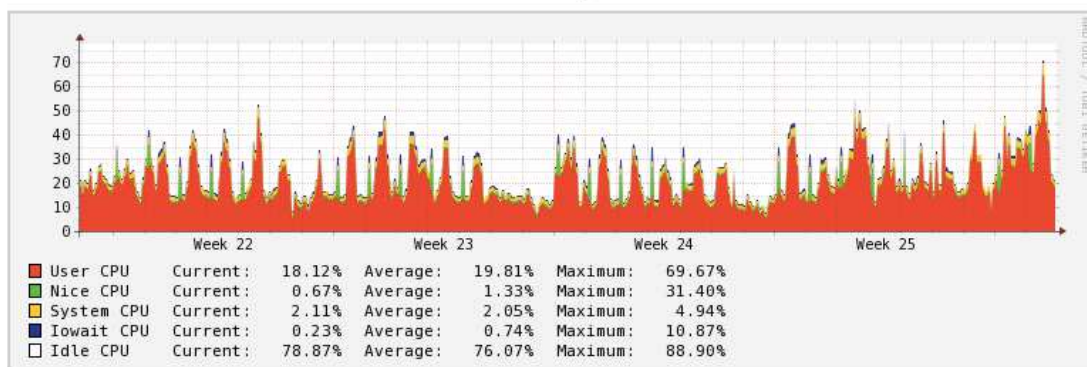


Ως προς την κίνηση δεδομένων παρατηρούμε ειδικά τις πρώτες πρωινές ώρες μια αυξημένη κινητικότητα η οποία και δικαιολογείται με βάση τις ανάγκες της εφαρμογής που εξυπηρετείται.

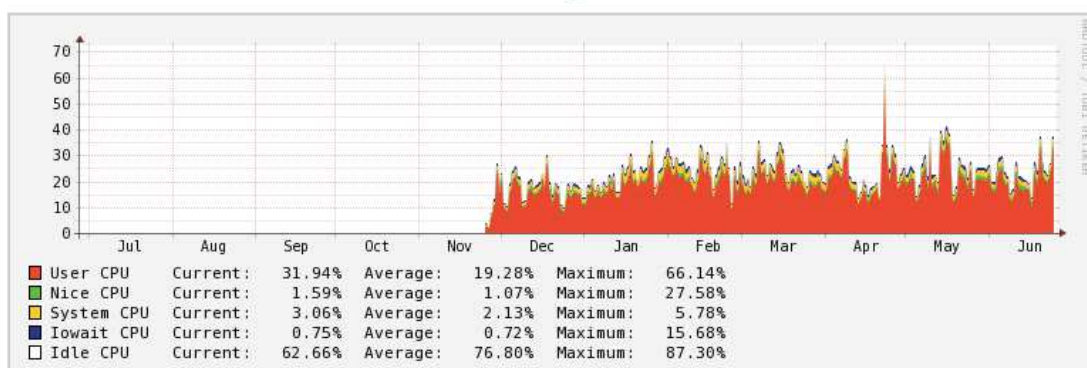
Εικόνα 29: Καταγραφή υπολογιστικής ισχύος σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16]



Monthly

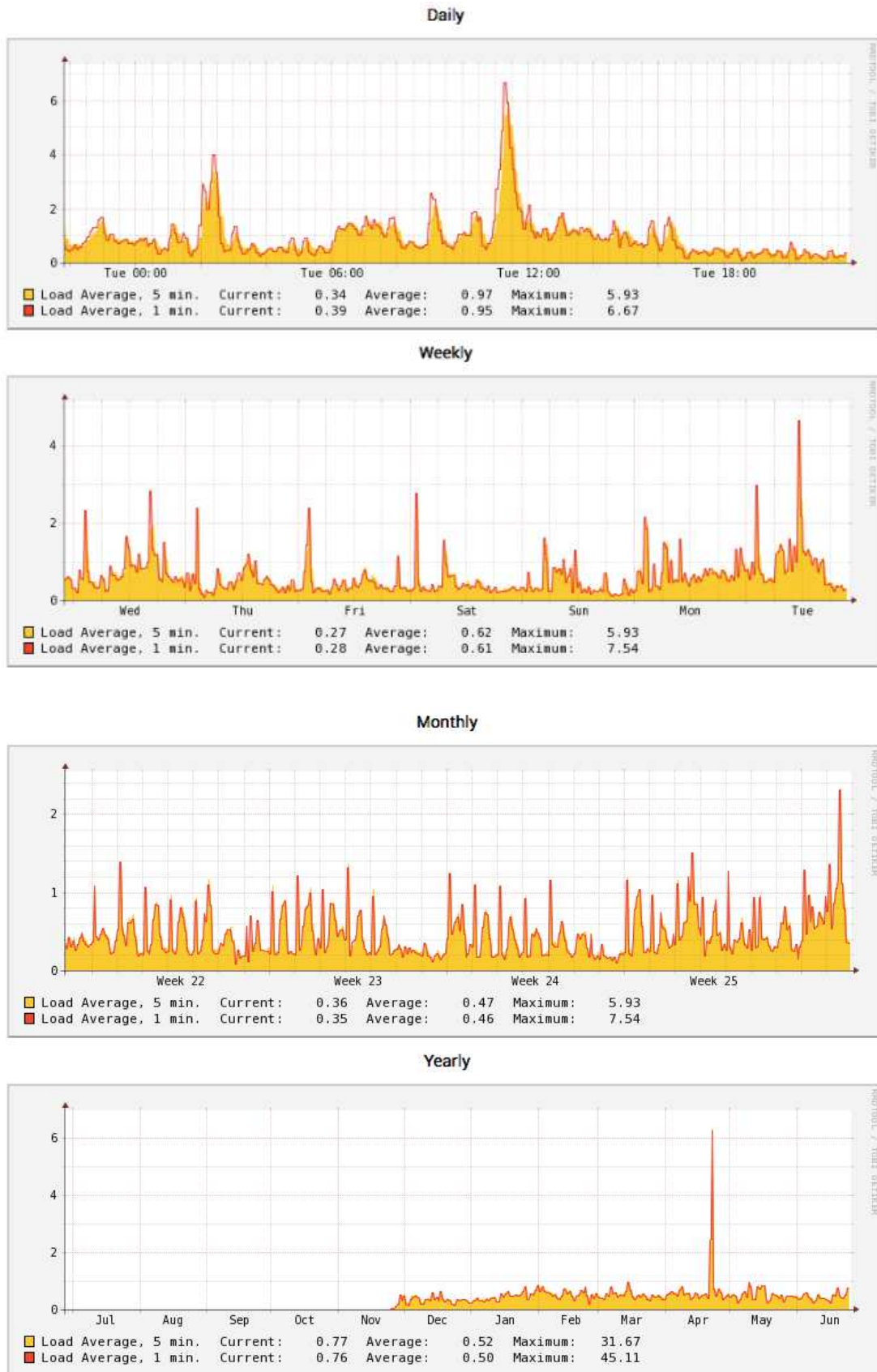


Yearly



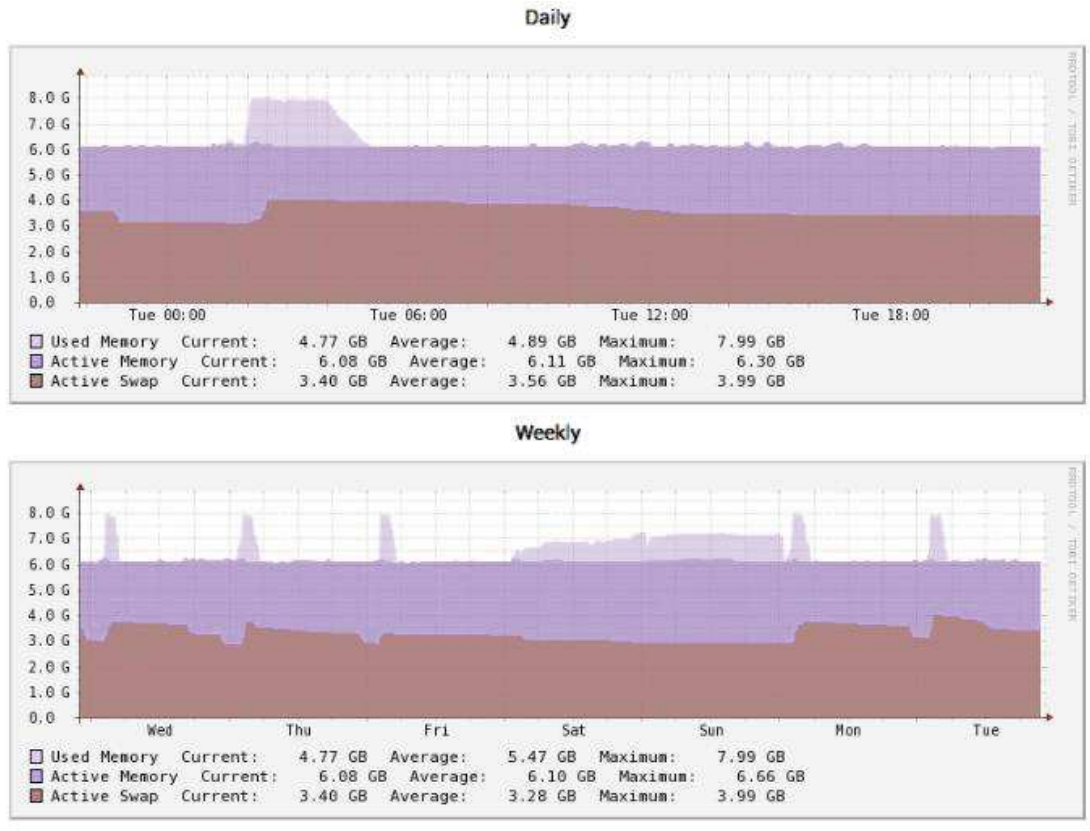
Το προηγούμενο συμπέρασμα επαληθεύεται και στην περίπτωση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας με τις υψηλότερες τιμές να λαμβάνονται σε περιόδους υψηλής διακίνησης δεδομένων.

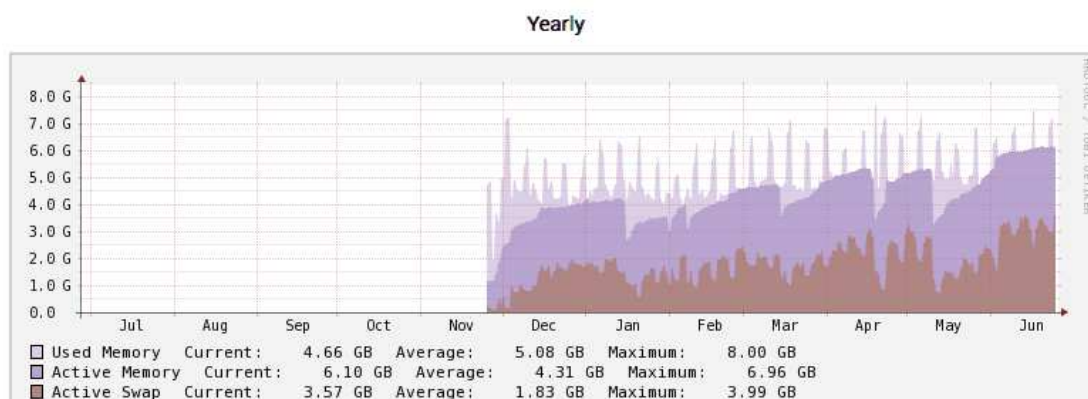
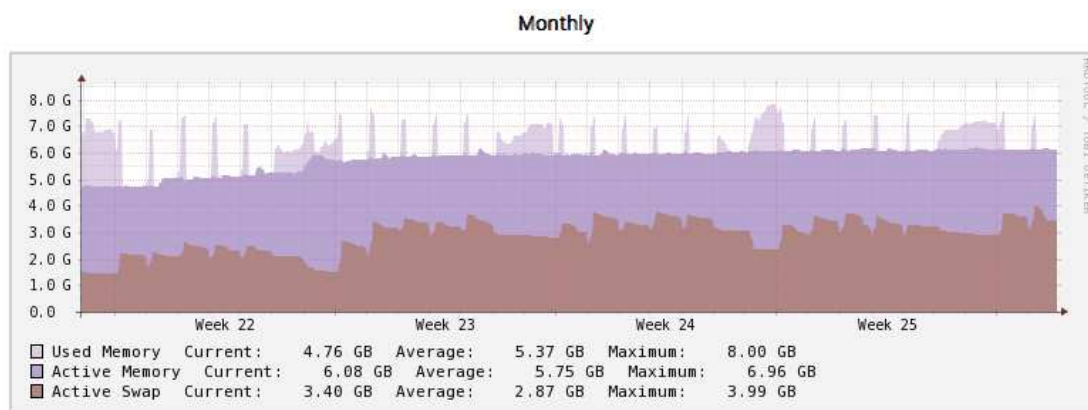
Εικόνα 30: Καταγραφή φόρτου εργασίας σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16]



Τα συμπεράσματα των προηγούμενων γραφικών αναπαριστάσεων επαληθεύονται και στην περίπτωση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας με τις υψηλότερες τιμές να λαμβάνονται σε περιόδους υψηλής διακίνησης δεδομένων.

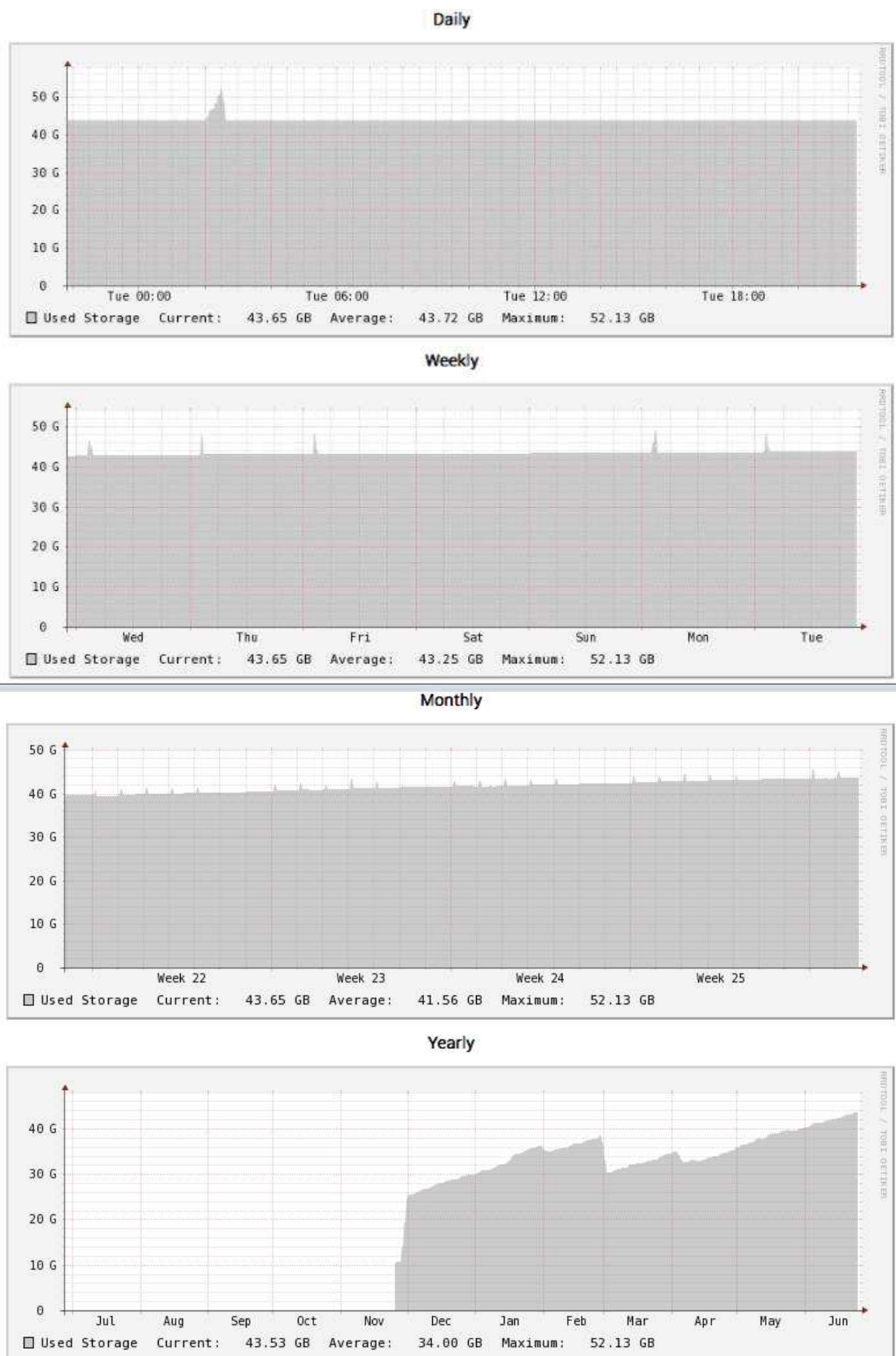
Εικόνα 31: Καταγραφή χρήσης μνήμης σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16]





Η χρήση της μνήμης υπακούει στα ίδια συμπεράσματα των προηγούμενων γραφικών αναπαράστασεων. Επαληθεύονται επομένως και στην περίπτωση της μνήμης με τις υψηλότερες τιμές να λαμβάνονται σε περιόδους υψηλής διακίνησης δεδομένων.

Εικόνα 32: Καταγραφή χρήσης χώρου αποθήκευσης σε ημερήσια, εβδομαδιαία, μηνιαία κι ετήσια βάση αναφοράς [16]



5 ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ

5.1 ΣΥΝΟΨΗ

Σύμφωνα με την πρόβλεψη και την αξιολόγηση της απόδοσης του Cloud Computing μπορούμε να φτάσουμε σε διαφορετικά συμπεράσματα. Για παράδειγμα η αύξηση της ισχύος και της ταχύτητας σε ένα κέντρο δεδομένων δεν είναι πάντα αποδοτική και στις περισσότερες περιπτώσεις προσθέτει κόστος. Ενώ η διανομή των κέντρων δεδομένων και η χρήση του κοντινότερου είναι η πιο επιτυχημένη επιλογή. Εξαιτίας της μεγάλης ευρείας διάδοσης και ανάπτυξης τέτοιων συστημάτων προβλέπεται ότι το “Storage & Computing” στους προσωπικούς υπολογιστές θα ξεχαστεί. Έτσι η βελτιστοποίηση της αρχιτεκτονικής και των επιδόσεων των κέντρων δεδομένων θα πρέπει να απασχολήσει τους παρόχους τέτοιων υπηρεσιών προκειμένου να διαθέσουν στους πελάτες αξιολογές υπηρεσίες.

5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΈΡΕΥΝΑ

Σε μια μελλοντική ερευνητική κατεύθυνση θα εξετάζαμε περισσότερο διαφοροποιημένα και ρεαλιστικά φορτία εργασίας, όπως για παράδειγμα το συνθετικό Bag-of-Tasks (BOT) που δημιουργείται με βάση μείγματα συνθετικών παράλληλων φορτίων εργασίας και συνθετικών BoT, ή πραγματικά ίχνη από πλέγμα φορτίου εργασίας.

Σε αυτή την εργασία, χρησιμοποιήσαμε κυρίως παραδοσιακές μετρήσεις για να αξιολογήσουμε και να συγκρίνουμε την απόδοση του Cloud και των υπηρεσιών που αυτό παρέχει. Στο μέλλον, θα μπορούσαμε να διερευνήσουμε νέες μετρήσεις προσανατολισμένες στο Cloud που μπορούν να ποσοτικοποιήσουν μερικά από τα κύρια χαρακτηριστικά του, όπως η ελαστικότητα και η κλιμάκωση.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing
- [2] GoGrid. Online, 2011. <http://www.gogrid.com/>.
- [3] Amazon. Amazon EC2 Instance Types. Online, 2011. <http://aws.amazon.com/ec2/instance-types>.
- [4] Amazon. Amazon EC2 Pricing. Online, 2011. <http://aws.amazon.com/ec2/pricing/>.
- [5] Amazon Web Services. Auto Scaling. Online, 2011. <http://aws.amazon.com/autoscaling/>.
- [6] Amazon Web Services. Elastic Load Balancing. Online, 2011. <http://aws.amazon.com/elasticloadbalancing/>.
- [7] Amazon Web Services LLC. Amazon Web Services Scaling. Online, 2011. <http://aws.amazon.com>
- [8] IEEE Xplore digital library.
- [9] en.wikipedia.org
- [10] <https://azure.microsoft.com/en-in/overview/what-is-cloud-computing/>
- [11] <https://www.whizlabs.com/blog/aws-vs-azure-vs-google/>
- [12] <https://caylent.com/aws-google-azure-cloud-comparison/>
- [13] <https://cloudacademy.com/blog/aws-vs-azure-market-share/>
- [14] <https://www.infopulse.com/blog/choose-the-best-aws-vs-azure-vs-google-cloud-comparison/>
- [15] https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKewihwNeOk_fbAhUEWCwKHQizBY8QFqhqMAq&url=https%3A%2F%2Fblog.1und1.de%2Fblog-de%2Fwp-content%2Fuploads%2Fsites%2F2%2F2017%2F03%2FUS-Top-10-2017-Report-Final.pdf&usq=AOvVaw2aFMaGBWukMdTpnbLCkdcv
- [16] Ίδια επεξεργασία