

# Εισαγωγή στην εκτίμηση κόστους Λογισμικού / Μέθοδος COCOMO

---

# Εκτίμηση κόστους λογισμικού.

---

- *Η εκτίμηση κόστους λογισμικού:*
  - Προσδιορισμός του απαιτούμενου κατασκευαστικού κόστους για την ολοκλήρωση ενός έργου λογισμικού
  - Η εκτίμηση και ο προγραμματισμός σε ένα έργο είναι αναγκαίες διοικητικές ενέργειες.

Οι ερωτήσεις που θα θέλαμε να απαντήσουμε πριν την έναρξη ενός έργου λογισμικού συνήθως είναι :

- πόσο μεγάλο θα είναι ?
- πόσο θα κοστίσει ?
- πόσο θα διαρκέσει η ανάπτυξή του ?
- πόσοι άνθρωποι απαιτούνται ?
- ποιοι παράγοντες καθορίζουν τα ανωτέρω ?
- τι ρόλο παίζει ο κάθε παράγοντας ?

# Συνιστώσες κόστους λογισμικού

---

- Κόστος υλικού και λογισμικού.
- Έξοδα μετακινήσεων και εκπαίδευσης προσωπικού.
- Κόστος προσπάθειας (Ο πρωτεύον παράγοντας κόστους)
  - Μισθοί προσωπικού
  - Κόστος κοινωνικής ασφάλισης
- Πάγια έξοδα.
  - Λειτουργικά έξοδα
  - Κόστος δικτύωσης και επικοινωνιών

# Εκτίμηση κόστους λογισμικού

---

- Γιατί είναι απαραίτητη
  - Κατανομή πόρων.
  - Χρονοπρογραμματισμός.
  - Ικανοποίηση χρονικών και οικονομικών περιορισμών.
- Γιατί παραμένει ένα άλυτο ζήτημα
  - Ποικιλομορφία παραγόντων κόστους.
  - Μη ξεκάθαρη η προσφορά τους.
  - Έλλειψη γνώσης.
  - Περιβάλλοντα που διαρκώς μεταβάλλονται.

# Εκτίμηση κόστους λογισμικού

---

- **Συχνοί λόγοι αστοχίας στην εκτίμηση του κόστους:**
  - Συχνές αιτήσεις για αλλαγές από τους χρήστες
  - Δραστηριότητες που παραβλέφθηκαν
  - Έλλειψη κατανόησης απαιτήσεων από τους χρήστες
  - Ανεπαρκής ανάλυση κατά την εκτίμηση του κόστους
  - Έλλειψη συντονισμού μεταξύ ομάδων
  - Έλλειψη μεθόδων εκτίμησης

# Εκτίμηση παραγωγικότητας

---

- Μέτρο του ρυθμού με τον οποίον οι εμπλεκόμενοι με το έργο παράγουν λογισμικό ή τεκμηρίωση κατά την διάρκεια ανάπτυξης του έργου.
- Παραγωγικότητα =  $\frac{\text{Μέγεθος}}{\text{Προσπάθεια}}$
- Γίνεται μέτρηση της λειτουργικότητας που παράγεται ανά μονάδα χρόνου.

# Μέθοδος COCOMO

---

- COnstructive COst MOdel)
- Πρώτο σημαντικό άλμα στον τρόπο υπολογισμού κόστους έργων λογισμικού
- Αλγοριθμικό μοντέλο κοστολόγησης
- Αναπτύχθηκε από τον Barry Boehm: Software Engineering Economics
- Είναι από τα 2 πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μοντέλα
- Το μοντέλο COCOMO υπολογίζει:
  - διάρκειας και το κόστους ενός έργου λογισμικού βασιζόμενο στο μέγεθος του προϊόντος και την ποιότητα της ομάδας ανάπτυξης

# Απλουστευτικές υποθέσεις

---

- Θεωρούμε 152 ώρες εργασίας ανά εργατο-μήνα
- Θεωρούμε ικανό management
- Θεωρούμε ότι το έγγραφο περιγραφής απαιτήσεων δεν τροποποιείται μετά την έγκρισή του
- Θεωρούμε ότι ο σημαντικότερος παράγοντας κόστους είναι το μέγεθος του έργου λογισμικού
- Το μέγεθος του έργου προσδιορίζεται σε χιλιάδες γραμμές παραδοτέου κώδικα (KDeliveredSourceInstructions - KDSI)
- Τρία μοντέλα:
  - Βασικό μοντέλο
  - Ενδιάμεσο μοντέλο
  - Λεπτομερειακό μοντέλο



# Βασικό μοντέλο

---

- Απαιτούμενη προσπάθεια σε ανθρωπομήνες :
  - $MM = 2.4 (KDSI)^{1.05}$
- Απαιτούμενος χρόνος ανάπτυξης του έργου
  - $T = 2.5 (MM)^{0.38}$
- Ενδιαφέροντα σημεία: ο εκθέτης του KDSI είναι σχεδόν ίσος με τη μονάδα, άρα η προσπάθεια ανάπτυξης είναι γραμμική συνάρτηση του μεγέθους του κώδικα
- Ο αριθμός των ατόμων θεωρείται "βέλτιστος" για κάθε στάδιο του έργου. Π.χ. στο μέσο του έργου απασχολούνται περισσότεροι από ό,τι στη φάση καθορισμού των απαιτήσεων

# Ενδιάμεσο μοντέλο

---

- Στο ενδιάμεσο μοντέλο εισάγονται δύο κύριες τροποποιήσεις:
  - Πρώτον, τα έργα λογισμικού διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: οργανικά, ημιαποσπασμένα και ενσωματωμένα
  - Δεύτερον, αναγνωρίζονται συγκεκριμένοι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος (αφορούν το προϊόν, τη διαδικασία και το προσωπικό)

# COCOMO- Κατηγορίες έργων

---

- Οργανικά
  - Το πρόγραμμα είναι σχετικά ανεξάρτητο και έχει μικρή διασύνδεση με το περιβάλλον
- Ημιαποσπασμένα
  - Υπάρχουν συνδέσεις με το περιβάλλον, αλλά όχι κρίσιμες χρονικές εξαρτήσεις
- Ενσωματωμένα
  - Κάθε συναλλαγή με το σύστημα είναι κρίσιμη από πλευράς χρόνου και ακρίβειας. Υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί που εισάγονται από το περιβάλλον

# Παραδείγματα κατηγοριών

---

- Οργανικά
  - Σύστημα ανάλυσης πληροφοριών πτήσης, που επεξεργάζεται τα δεδομένα μετά το τέλος της πτήσης
- Ημιαποσπασμένα
  - Προσομοιωτής πτήσης αεροσκαφών
- Ενσωματωμένα
  - Λογισμικό Αεροσκάφους για την αποφυγή συγκρούσεων με άλλα αεροσκάφη κατά τη διάρκεια της πτήσης

# COCOMO-εξισώσεις

---

- Ένα σύνολο από 15 χαρακτηριστικά (‘‘παράγοντες κόστους’’) που συνεισφέρουν στο κόστος.
- Σε κάθε παράγοντα κόστους αντιστοιχεί ένας ‘‘πολλαπλασιαστής προσπάθειας’’ ( $q_1, q_2, \dots, q_{15}$ )
- Εξίσωση υπολογισμού παράγοντα προσαρμογής προσπάθειας
- $q = q_1 q_2, \dots q_{15}$

# Παράγοντες κόστους

---

1.	RELY	Απαιτούμενη αξιοπιστία λογισμικού	προϊόν
2.	DATA	Μέγεθος βάσης δεδομένων	προϊόν
3.	CPLX	Πολυπλοκότητα προϊόντος	προϊόν
4.	TIME	Περιορισμός στο χρόνο εκτέλεσης	H/Y
5.	STOR	Περιορισμός στην κύρια μνήμη	H/Y
6.	VIRT	Αλλαγές στο σύστημα HW/SW	H/Y
7.	TURN	Χρόνος απόκρισης υπολογιστή	H/Y
8.	ACAP	Ικανότητα αναλυτών	προσωπικό
9.	AEXP	Εμπειρία αναλυτών σε εφαρμογές	προσωπικό
10.	PCAP	Ικανότητα προγραμματιστών	προσωπικό
11.	VEXP	Εμπειρία με το σύστημα HW/SW (OS etc)	προσωπικό
12.	LEXP	Εμπειρία με τη γλώσσα προγραμματισμού	προσωπικό
13.	MODP	Χρήση μοντέρνων πρακτικών προγραμματ.	έργο
14.	TOOL	Χρήση εργαλείων προγραμματισμού	έργο
15.	SCED	Πίεση από χρονοδιάγραμμα ανάπτυξης	έργο

Cost Drivers	Ratings					
	Very Low	Low	Nominal	High	Very High	Extra High
<b>Product attributes</b>						
Required software reliability	0.75	0.88	1.00	1.15	1.40	
Size of application database		0.94	1.00	1.08	1.16	
Complexity of the product	0.70	0.85	1.00	1.15	1.30	1.65
<b>Hardware attributes</b>						
Run-time performance constraints			1.00	1.11	1.30	1.66
Memory constraints			1.00	1.06	1.21	1.56
Volatility of the virtual machine environment		0.87	1.00	1.15	1.30	
Required turnabout time		0.87	1.00	1.07	1.15	
<b>Personnel attributes</b>						
Analyst capability	1.46	1.19	1.00	0.86	0.71	
Applications experience	1.29	1.13	1.00	0.91	0.82	
Software engineer capability	1.42	1.17	1.00	0.86	0.70	
Virtual machine experience	1.21	1.10	1.00	0.90		
Programming language experience	1.14	1.07	1.00	0.95		
<b>Project attributes</b>						
Application of software engineering methods	1.24	1.10	1.00	0.91	0.82	
Use of software tools	1.24	1.10	1.00	0.91	0.83	
Required development schedule	1.23	1.08	1.00	1.04	1.10	

# COCOMO- Εξισώσεις

---

- Εξίσωση υπολογισμού προσπάθειας ανάπτυξης
  - $MMDEV = q \bullet MMNOM$
- Εξίσωση υπολογισμού κόστους
  - $Ct = p \bullet MMDEV$
  - $p$ : αξία σε χρήμα ενός ανθρωπομήνα
- Εξίσωση υπολογισμού διάρκειας του έργου
  - $TDEV = R \bullet (MMDEV)^m$
  - $R, m$ : παράμετροι



# Κατηγορίες έργων

---

Χαρακτηριστικά	οργανική	ημιαποσπασμένη	ενσωματωμένη
Κατανόηση των αντικειμενικών σκοπών του προϊόντος	λεπτομερής	λεπτομερής	γενική
Εμπειρία σε σχετικά έργα λογισμικού	εκτενής	σημαντική	μέτρια
Ανάγκη για συμμόρφωση με προκατασκευασμένες απαιτήσεις	βασική	σημαντική	πλήρης
Ανάγκη για συμμόρφωση με προκατασκευασμένο Interface	βασική	Σημαντική	πλήρης
Ταυτόχρονη ανάπτυξη νέων λειτουργικών διαδικασιών και υλικού -	μερική	μέτρια	πλήρης

# Κατηγορίες έργων

---

Χαρακτηριστικά	οργανική	ημιαποσπασμένη	ενσωματωμένη
Ανάγκη για νεωτεριστικές αρχιτεκτονικές, νέους αλγόριθμους	ελάχιστη	μερική	σημαντική
Bonus για γρήγορη αποπεράτωση	χαμηλό	μέτριο	υψηλό
Μέγεθος προϊόντος	<50 KDSI	<300 KDSI	όλα
Παραδείγματα	Επιστημονικά μοντέλα, Συστήματα ελέγχου παραγωγής, Compilers	Καινούργια ΛΣ, Συστήματα Β.Δ	Σύνθετα Συστήματα Δοσοσηψιών, Φιλόδοξα Λ.Σ

# COCOMO

---

- Δεδομένα εισόδου:
  - μέγεθος ενός έργου λογισμικού (KDSI)
  - παράγοντες κόστους
  - τιμή του ανθρωπομήνα εργασίας
- Για να λειτουργήσει το μοντέλο απαιτείται βαθμονόμηση (calibration) για την καταχώρηση τιμών στις παραμέτρους του μοντέλου
- Ο Boehm βαθμονόμησε το μοντέλο χρησιμοποιώντας δεδομένα από 63 διαφορετικά έργα λογισμικού

# Κατηγορίες έργων λογισμικού

---

$$MM_{NOM} = C (KDSI)^K$$

C, K: παράμετροι, KDSI: thousands of delivered source lines  
MMNOM: ονομαστική προσπάθεια σε ανθρωπομήνες

Κατηγορία	ονομαστική προσπάθεια	διάρκεια ανάπτυξης
οργανική	$MMNOM = 3.2(KDSI)^{1.05}$	$TDEV = 2.5(MMDEV)^{0.38}$
Ημιαπο- σπασμένα	$MMNOM = 3.0(KDSI)^{1.12}$	$TDEV = 2.5(MMDEV)^{0.35}$
Ενσωμα- τωμένα	$MMNOM = 2.8(KDSI)^{1.20}$	$TDEV = 2.5 (MMDEV)^{0.3}$

Παράγοντας κόστους	Χαμηλό- τερη	Χαμηλή	Ονομαστική	Υψηλή	Υψηλότερη	Υψηλότεατη
RELY	Μικρή ενόχληση	Μικρές, ευκολα ανακτήσιμες απώλειες	Μέτριες, ανακτήσιμες απώλειες	Μεγάλες, ανακτήσιμες απώλειες	Κίνδυνος για ανθρώπινες ζωές	
DATA		L<10	10<L<100	100<L<1000	L>1000	
CPLX						
TIME			<50% XΔXE	70% XΔXE	85% XΔXE	95%XΔXE
STOR			<50% XΔM	70% XΔM	85% XΔM	95%XΔM
VIRT		ΣΑ: 12 μήνες ΜΑ: 1 το μήνα	ΣΑ: 6 μήνες ΜΑ: 2 εβδομάδες	ΣΑ: 2 μήνες ΜΑ: 1 εβδομάδα	ΣΑ: 2 εβδομάδες ΜΑ: 2 μέρες	
TURN		Διαλογική	ΜΧΚΕ< 4 ώρες	4<ΜΧΚΕ< 8	ΜΧΚΕ> 12	
ACAP	15 ET	35 ET	55 ET	75 ET	90 ET	
AEXP	<4 μήνες	1 χρόνο	3 χρόνια	6 χρόνια	12 χρόνια	
PCAP	15 ET	35 ET	55 ET	75 ET	90 ET	
VEXP	<1 μήνα	4 μήνες	1 χρόνο	3 χρόνια		
LEXP	<1 μήνα	4 μήνες	1 χρόνο	3 χρόνια		
MODP	Όχι χρήση	Αρχή χρήσης	Μερική χρήση	Γενική χρήση	Αποκλειστική χρήση	
TOOL						
SCED	75%	85%	100%	130%	160%	

# Παράδειγμα

---

- Ανάπτυξη λογισμικού επικοινωνίας βασισμένου σε μικροϋπολογιστή για φιλόδοξο δίκτυο μεταφοράς κεφαλαίων με ηλεκτρονικό τρόπο. Απαιτήσεις: Υψηλή αξιοπιστία, υψηλή επίδοση, αυστηρό χρονοδιάγραμμα ανάπτυξης, καλό interface
- Υποτιθέμενο μέγεθος κώδικα 10 KDSI

# Υπολογισμός κατηγορίας

---

Χαρακτηριστικά	οργανική	Ημιαποσπασμένη	ενσωματωμένη
Κατανόηση των αντικειμενικών σκοπών του προϊόντος	λεπτομερής	λεπτομερής	γενική
Εμπειρία σε σχετικά έργα λογισμικού	εκτενής	σημαντική	Μέτρια (φιλόδοξο νεο δίκτυο)
Ανάγκη για συμμόρφωση με προκατασκευασμένες απαιτήσεις	βασική	σημαντική	Πλήρης(υπάρχοντες κανόνες μεταφοράς)
Ανάγκη για συμμόρφωση με προκατασκευασμένο Interface	βασική	Σημαντική	Πλήρης(καλό interface)
Ταυτόχρονη ανάπτυξη νέων λειτουργικών διαδικασιών και υλικού -	μερική	μέτρια	Πλήρης(δίκτυο=επικοινωνίες)
Ανάγκη για νεωτεριστικές αρχιτεκτονικές, νέους αλγόριθμους	ελάχιστη	μερική	Σημαντική
Bonus για γρήγορη αποπεράτωση	χαμηλό	μέτριο	Υψηλό
Μέγεθος προϊόντος	<50 KDSI	<300 KDSI	Όλα

# Υπολογισμός ονομαστικής προσπάθειας

---

Κατηγορία	ονομαστική προσπάθεια	διάρκεια ανάπτυξης
οργανική	$MMNOM = 3.2(KDSI)^{1.05}$	$TDEV = 2.5(MMDEV)^{0.38}$
Ημιαπο- σπασμένη	$MMNOM = 3.0(KDSI)^{1.12}$	$TDEV = 2.5(MMDEV)^{0.35}$
Ενσωμα- τωμένη	$MMNOM = 2.8(KDSI)^{1.20}$	$TDEV = 2.5 (MMDEV)^{0.3}$

$$MM_{NOM} = 2.8(10)^{1.20} = 44 \text{ ανθρωπομήνες}$$



## Υπολογισμός παραγόντων κόστους

---

RELY	Σοβαρές οικονομ. επιπτώσεις	υψηλή	1.15
DATA	20000 bytes	χαμηλή	0.94
CPLX	Επεξεργασία επικοινωνιών	υψηλότετα	1.30
TIME	70% χρήση του διαθέσιμου χρόνο	υψηλή	1.11
STOR	70% χρήση της διαθέσιμης μνήμης	υψηλή	1.06
VIRT	Θα βασισθεί σε υπάρχον H/Y σύστημα	ονομαστ.	1.00
TURN	Χρόνος απόκρισης	ονομαστ.	1.00
ACAP	Καλοί ηλικιωμένοι αναλυτές	υψηλή	0.85
AEXP	Τρία έτη	ονομαστ.	1.00
PCAP	Καλοί προγραμματιστές (75 %)	υψηλή	0.86
VEXP	Έξι μήνες	χαμηλή	1.10
LEXP	Δώδεκα μήνες	ονομαστ.	1.00
MODP	Οι περισσότερες τεχνικές είναι γνωστές	υψηλή	0.91
TOOL	Βασικά εργαλεία H/Y	χαμηλή	1.10
SCED	Εννέα μήνες	ονομαστ	1.00

# Υπολογισμός κόστους, προσπάθειας και διάρκειας

---

- Υπολογισμός παράγοντα προσαρμογής προσπάθειας
  - $q = q_1 \ q_2, \dots \ q_{15} = 1.35$
- Υπολογισμός προσπάθειας ανάπτυξης
  - $MMDEV = q \bullet MMNOM = 1.35 * 44 = 59$   
ανθρωπομήνες
- Υπολογισμός κόστους, θεωρώντας κόστος ανθρωπομήνα 1000 €
  - $C_t = 59.000 \text{ €}$
- Υπολογισμός διάρκειας ανάπτυξης
  - $TDEV = R \bullet (MMDEV)^m = 2.5 \bullet (59)^{0.32} = 9 \text{ μήνες}$

# Συμπεράσματα

---

- Σε έργα όπου συμμετέχει μικρός αριθμός ατόμων, υπάρχει μεγάλη εξάρτηση του τελικού κόστους από τις ικανότητες του κάθε ατόμου.
- Ο αριθμός των ατόμων που εργάζονται σε ένα έργο δεν είναι ανάλογος του χρόνου ανάπτυξης του έργου.
- Προσθέτοντας έναν άνθρωπο σε ένα ήδη καθυστερημένο έργο θα το καθυστερήσει περισσότερο.
- Ο άνθρωποι τείνουν να υποεκτιμούν το χρόνο που απαιτείται για να πραγματοποιήσουν οι ίδιοι μια εργασία.
- Δεδομένου του μεγέθους, η ποιότητα της ομάδας ανάπτυξης είναι ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει το χρόνο και το κόστος.
- Το κόστος διόρθωσης λαθών αυξάνει σημαντικά όσο το χρονικό σημείο εντοπισμού τους πλησιάζει το τέλος του project.