Βελτιστοποίηση σχεδίασης σε λογισμικό CAD

Τεχνικές βελτιστοποίησης, για την επίτευξη σχεδιαστικών στόχων, με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων του λογισμικού CAD.

Στη διαδικασία βελτιστοποίησης, ορίζονται παράμετροι κατά τη σχεδίαση, οι τιμές των οποίων, αλλάζουν από το λογισμικό, με βάση κριτήρια που τίθενται από το χρήστη, ώστε το σχέδιο να ικανοποιεί συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Το εργαλείο βελτιστοποίησης **Behavioral Modeling** περιέχει ένα σύνολο εργαλείων για τη διεξαγωγή μεγάλου εύρους αναλύσεων - μετρήσεων σε ένα μοντέλο.

Ενσωματώνει τα αποτελέσματα των αναλύσεων στο μοντέλο με τη μορφή χαρακτηριστικού – feature.

Αποτελείται από δύο κύριες συνιστώσες :

Analysis Features – Μέτρηση και ανάλυση γεωμετρικών ιδιοτήτων.

Design Studies – Διεξαγωγή μελετών σχεδίου για την επίτευξη του σχεδιαστικού στόχου.



Τα εργαλεία του Behavioral Modeling

•	Analysis Features	•	Design Studies
i. ii. iii. iv. v. v.	Measure Model Geometry Relations Excel Analysis User – Defined Analysis	i. ii. iii.	Sensitivity Analysis Feasibility Studies Optimization Studies
vii.	Mechanica & Motion Analysis		



Τα εργαλεία του Behavioral Modeling

Ο τύπος Ανάλυσης *Measure* περιέχει ένα σύνολο εντολών, όπου επιτρέπουν να λαμβάνονται μετρήσεις από το μοντέλο και οι τιμές που προκύπτουν καταχωρούνται ως παράμετροι. Π.χ η απόσταση μεταξύ οντοτήτων, η γωνία, η διάμετρος κ.α.

Ο τύπος Ανάλυσης *Model* περιέχει ένα σύνολο εντολών που δημιουργούν παραμέτρους όπως στο Measure, αλλά εδώ μπορεί να είναι ο όγκος του μοντέλου, η μάζα, η ροπή αδράνειας κ.α

Ο τύπος Ανάλυσης *Geometry*, περιέχει εντολές και παράγει παραμέτρους όπως μέγιστη – ελάχιστη καμπυλότητα, ακτίνα καμπύλης ή ακμής κ.α



Παράδειγμα δημιουργίας ενός feature

- Δημιουργία feature τύπου Model- Mass Properties. 1.
- Εισαγωγή στοιχείων ανάλυσης 2.
- 3. Επιλογή στοιχείων για δημιουργία επιθυμητών παραμέτρων.
- Ολοκλήρωση feature κι εμφάνιση αποτελεσμάτων. 4.

	🗖 Mass Properties 🛛 🔀	Mass Properties	Mass Properties
Analysis Info Applications Tools Window Help Measure	Analysis Feature CSYS Select items V Use Default	Analysis Feature Regenerate Always	Analysis Feature CSYS Select items V Use Default
Model Image: Mass Properties Geometry Image: Mass Properties Mechanica Analysis Image: One-Sided Volume Excel Analysis Image: Pairs Clearance	Density 7827.08202798	Create Name Description V VDLUME model volume SURF_AREA model surface area MASS model mass INERTIA_1 principal inertia (srr	Density 7827.08202798
User-Defined Analysis Sensitivity Analysis Feasibility/Optimization Multi-Objective Design Study	Quick Mass_Prop_1 Quick Saved Feature	Datums Create Name Description CSYS_COG CSYS at CG, axes: pri PNT_COG point at center of mase Image: Comparison of the second secon	VOLUME = 5.7339197e-05 M^3 SURFACE AREA = 9.9927665e-03 M^2 DENSITY = 7.8270820e+03 KILOGRAM MASS = 4.4879860e-01 KILOGRAM



Relation Analysis

- Ο τύπος Ανάλυσης Relations επιτρέπει πολλαπλά Analysis Features και παραμέτρους που προκύπτουν - να συνδυαστούν σε ένα feature για αξιολόγηση ή υπολογισμούς.
- Ας υποτεθεί, ότι υπάρχει ένα Analysis Feature που μετράει την ολική επιφάνεια του μοντέλου και δημιουργεί μια παράμετρο με το όνομα "total_area" και ένα άλλο που μετράει ένα μέρος της επιφάνειας του μοντέλου και δημιουργεί παράμετρο με το όνομα "local_area". Εάν ο χρήστης θελήσει να θέσει μία σχεδιαστική σχέση (design relation) που να ορίζει ότι η επιφάνεια του local_area είναι το εν τέταρτο της επιφάνειας του total_area τότε θα πρέπει να γράψει την ακόλουθη σχέση :

local_area = 1/4* total_area:FID_analysis1



Relation Analysis

1. Εισαγωγή σχέσης

ΤΕΙ Κρήτης

2. Επιλογή παραμέτρων



6

Excel Analysis

- Το Excel Analysis, επιτρέπει τη χρήση του Microsoft Excel, για να εκτελέσει μία Ανάλυση και να επιστρέψει μία τιμή στο μοντέλο.
- Αναγκαίο όταν ο χρήστης δεν είναι εξοικειωμένος στη χρήση του Relations για τη λύση του προβλήματος.
- Εισαγωγή ενός νέου ή υφιστάμενου αρχείου Excel.
- Εισαγωγή διαστάσεων ή παραμέτρων από το παράθυρο διαλόγου (αριστερά εικόνας) και εμφανίζονται οι τιμές τους στο αρχείο Excel
- Ο χρήστης γράφει τη σχέση για τον υπολογισμό που θέλει στο Excel κι επιλέγει ένα κελί εξόδου της τιμής.

🗖 Excel Analysis		×								
Setup File Load File New	File						nalysis_1 [F	ζατάστ	_ =	x
Analysis_1.xls				h	to or i		B5	*	0	*
Input Settings				Γ	Ø 0.051		A	В	С	F
Dimension/Paramete	r Value	Cell)	1	0,0127			
d3	0.025400	\$A\$1		1	/	2	0,051			
d4	0.050800	\$A\$1 \$^\$1			/	3	0.025			
UI :	0.012700	\$H4.\$1	T	-k		4	and sound a			
<		>	0.025		$ \rightarrow $	5	- F	10		-
Add Dimension	Add Parameter	Remove				6				- 1
						7				
Output Settings						8				-
Nutput cells	15					9				
			6	0.051		10				-
Results			and the			10				
Cell name	Value		1.11	-A	12	11				-1
85	10.000000					12				-
				the	2	13				-1
				yo 0,01	19	14	N 01	And Distant		
<	.000	>					ν νι φυλ	NO1		<u>u</u>
Compute		Info				6			100%	<u>.</u>
Saved Analyses										
- Cartod Analysos										
Clos	a 🔤 🔤 🕹	eature								



Motion Analysis

- Το Motion Analysis Ανάλυση Κίνησης επιτρέπει στο χρήστη να εκτελέσει μία ανάλυση σε ένα συναρμολογημένο αντικείμενο ή μηχανισμό και παράγει παραμέτρους που σχετίζονται με την κίνηση.
- Η ανάλυση γίνεται σε συνεργασία με τις εφαρμογές του Pro Engineer Mechanism Design & Mechanism Dynamics
- Κατά την εκτέλεση μιας Ανάλυσης Κίνησης ο χρήστης καθορίζει:
- 1. Ένα υπάρχοντα μηχανισμό που θα αναλυθεί.
- 2. Παραμέτρους που θα μελετηθούν μιας Analysis Feature, κατά τη διάρκεια της Ανάλυσης Κίνησης.
- 3. Τα μέρη της συναρμολόγησης που εμπεριέχονται στην Ανάλυση.
- 4. Τον αριθμό των βημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στην Ανάλυση.
- 5. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται και σε σχετικό γράφημα.



Motion Analysis

🔲 Motion Analysis	X
Definition	
AnalysisDefinition1	v
Parameters	
DISTANCE:CG_X	
DISTANCE:CG_Y Degrees of Freedom:MDX	
Redundancies:MDX	
- Options]
Create motion envelope	
Use all moving parts	
Envelope quality	5 🗢
Update interval	2 🔹
Results	,
Parameter Minimum	Maximum
DISTANCE:42 0.912268 (t_min = 0.000000) DISTANCE:43 0.000051 (t_min = 1.000000)	0.946722 (t_max = 1.000000) 0.006278 (t_max = 1.500000)
<	<u>></u>
Run Display	Info
Saved Analyses	
Close	d Feature
💯 ΤΕΙ Κρήτης	



User Defined Analysis

- Η User Defined Analysis (UDA) ανάλυση οριζόμενη από το χρήστη είναι μία συνήθης Ανάλυση που δημιουργείται, πέραν των πρότυπων που έχουν προαναφερθεί.
- Για τη δημιουργία μιας U.D.Α καθορίζονται:
- 1. Επιλογή περιοχής διεξαγωγής της ανάλυσης και δημιουργία ενός ειδικού σημείου "field point" που θα διατρέχει την επιλεγμένη περιοχή
- 2. Εισαγωγή ενός ή περισσοτέρων από τα γνωστά feature για τη δημιουργία επιθυμητών παραμέτρων.
- 3. Ομαδοποίηση των παραπάνω σε ένα τοπικό γκρουπ (local group) και έναρξη διεξαγωγής υπολογισμών.
- 4. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στο παράθυρο διαλόγου αλλά και με γραφική απεικόνιση.



User Defined Analysis

 Ακολουθεί παράδειγμα, όπου εξετάζεται η αλλαγή της ακτίνας ενός βάζου σε μια επιλεγμένη περιοχή.



D PTC



Εμφάνιση αποτελεσμάτων μιας UDA

User-Defined Analysis	
Type DIAMETER_GROUP	
Definition	XIPNTO Max 1.64e+01
- References	1.61e+01 1.58e+01
✓ Default	1.55e+01 1.52e+01
Select	1.49e+01 1.45e+01
Coludation Cations	1.43e+01
Parameter DIANETED	1.37e+01 1.34e+01
	1.31e+01
Domain Entire Field	1.25e+01
	FPNT0 11.19e+01
Resolution	1.13e+01
	1.07e+01
	1.01e+01 9.83e+00
Result refinement Duramic update	9.53e+00 9.23e+00
	8.93e+00 8.63e+00
Results	8.34e+00 8.04e+00
Minimum value = 7.436076 Maximum value = 16.426044	7.74e+00 7.44e+00
Bracketed area = 100.00 %	
	PNT1 Min 7.44e+00
Compute Settings Clear	
Saved Analyses	
Close Add Feature	
D	





Οι σχεδιαστικές μελέτες

- Η Sensitivity Analysis ανάλυση ευαισθησίας επιτρέπει στο χρήστη να αναλύσει το πως διάφορες μετρήσιμες οντότητες ή παράμετροι ποικίλουν, όταν μια διάσταση σ' ένα μοντέλο ή μια ανεξάρτητη παράμετρός του έχει μεταβληθεί μέσα σ' ένα καθορισμένο εύρος.
- Η Μελέτη Σκοπιμότητας Feasibility Study επιτρέπει στο σύστημα να υπολογίζει τιμές παραμέτρων και διαστάσεων που βασίζονται σε κανόνες που ορίζει ο χρήστης.
- Η Μελέτη Βελτιστοποίησης Optimization Study λύνει το πρόβλημα σκοπιμότητας με μια πρόσθετη συνθήκη ή στόχο. Ο στόχος είναι να ελαχιστοποιήσει ή να μεγιστοποιήσει κάποιες παραμέτρους από τα Analysis Features.



Sensitivity Analysis

- Σε μια Sensitivity Analysis το σύστημα εκτελεί τις ακόλουθες εργασίες : ٠
- Μεταβάλλει τις διαστάσεις ή και τις παραμέτρους μέσα σε ένα καθορισμένο εύρος. ٠
- Ανανεώνει το μοντέλο σε κάθε μια επανάληψη. ٠
- Δημιουργεί ένα γράφημα για κάθε παράμετρο που αναλύεται. ٠

File Options	File View Format	
D 🔗 🔲 !		
Study Name	Sensitivity Plot	
Variable Selection	- ¥1.30s + 07 _	
mension 🕞 Parameter	₹1.20 + 07 _	
ILE	□ - ⊢ 1.1œ + 07 -	
Range		
um 280.000000		
rameters To Plot		2206e
ONE_SIDE_VOL:BOTTLE_	∂ 8.00 +05 _	
<	7.00 + 05	
ps 8 😂	280.00 290.00 300.00 310.00 320.00 330.00 3 d2:BOTTLE	40.00
Compute Close	Sensitivity Plot	



350.00

Feasibility & Optimization Study

- Για τη διεξαγωγή μιας Μελέτης Σκοπιμότητας πρέπει να προσδιοριστούν:
- Διαστάσεις ή και παραμέτρους που θα ποικίλλουν
- Ένα εύρος για κάθε διάσταση ή παράμετρο που θα ποικίλλει
- Κανόνες παραμέτρων που θα ικανοποιηθούν από τη μελέτη.
- Για τη διεξαγωγή μιας *Μελέτης Βελτιστοποίησης* πρέπει να προσδιοριστούν:
- Διαστάσεις ή και παράμετροι που θα ποικίλλουν
- Ένα εύρος για κάθε διάσταση ή παράμετρο που θα ποικίλλει
- Κανόνες παραμέτρων που θα ικανοποιηθούν από τη μελέτη.
- Ένα στόχο (*Goal*) για μια παράμετρο που θα ελαχιστοποιηθεί ή θα μεγιστοποιηθεί.



Παράδειγμα

Το παράδειγμα, αφορά τη βελτιστοποίηση ενός στροφάλου, όπου δημιουργούνται τρία feature, που:

η παράμετρός τους υπολογίζει τον όγκο του στροφάλου,

την απόσταση μεταξύ νοητού άξονα περιστροφής και κέντρου μάζας και

μια άλλη επιθυμητή απόσταση μεταξύ δύο σημείων, όπως φαίνεται στην εικόνα





Feasibility Study

- Μελέτη Σκοπιμότητας
- Επιλογή των τιμών σχεδιαστικών παραμέτρων και μεταβλητών.
- Έναρξη υπολογισμών.
- Το σύστημα ψάχνει για εφικτή λύση.
- Αν βρεθεί εφικτή λύση, τότε η μελέτη συνεχίζεται με διεξαγωγή μελέτης βελτιστοποίησης





Optimization Study

Goal Minimize None Minimize Maximize Minimize Abs Val

Maximize Abs Val

- Μελέτη βελτιστοποίησης
- Οι παράμετροι και οι μεταβλητές παραμένουν ως έχουν.
- Προσθήκη μιας πρόσθετης συνθήκης σχεδιαστικού στόχου (μείωση όγκου).
- Το σύστημα κάνει υπολογισμούς για εύρεση βέλτιστης λύσης.

	Optimization/Feasibility					
	File Run Options					
	🗅 😂 🖪 !					
	— Study Type/Name —					
	 Optimization 	🔘 Feasibility				
	Name OPTIM1					
	Cool					
	Minimize					
	Millinize					
	— Design Constraints —	SURF_AREA:V0	DL	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i		
	Parameter	MASS:VOL				
	DISTANCE:COG_AXIS[DISTANCE:COG_AXIS			<u> </u>		
	DISTANCE:PAXOS = 0.250000					
	Add		elete			
	— Design Variables —					
	Variable	Min	Max			
	d5:STROFALOS	0.375000	1.500000			
	d6:STROFALOS	0.375000	1.500000			
	d7:STROFALOS	0.500000	1.500000			
	Add Dimension Add Parameter Delete					
Goal type	Compute	Undo		Close		



Optimization Study

- Το σύστημα βρίσκει εφικτή λύση.
- Ενημέρωση του μοντέλου στη νέα του μορφή
- Εξαγωγή σχετικού γραφήματος







Μηχανισμός Γενεύης

- Ο μηχανισμός σχεδιάστηκε με προσεγγιστικές τιμές ώστε κατά τη φάση της βελτιστοποίησης να επιτευχθούν οι πλέον κατάλληλες.
- Ως υλικό κατασκευής επιλέχθηκε χάλυβας πυκνότητας 7827,08 kgr/m3 οι τιμές των διαστάσεων είναι σε εκατοστά και του βάρους σε γραμμάρια







Βελτιστοποίηση μηχανισμού Γενεύης

- Οι σχεδιαστικοί στόχοι που τέθηκαν ήταν :
- Μείωση μάζας υλικού κατασκευής του μηχανισμού μέσω γεωμετρικών περιορισμών (μείωση μάζας τουλάχιστον κατά 8%).
- > Ευθυγράμμιση κινητήριου άξονα περιστροφής με το κέντρο μάζας για βέλτιστη ευστάθεια.



Επίτευξη μείωσης μάζας

- Πρώτο βήμα
- Δημιουργία ενός analysis feature τύπου Model που μετρά τη μάζα μηχανισμού.
- Επιλογή διαστάσεων, των οποίων οι τιμές θα ποικίλλουν. Σύμφωνα πάντα με τις ανάγκες και τους περιορισμούς που έχουν τεθεί





Επίτευξη μείωσης μάζας

- Βήμα δεύτερο
- Έναρξη μελέτης σκοπ/τας με εισαγωγή σχεδιαστικών περιορισμών(μάζα<= 118γρ) και σχεδιαστικών μεταβλητών (διαστάσεις εξαρτημάτων που θα ποικίλλουν οι τιμές τους).
- Υπολογισμός από το σύστημα για εύρεση εφικτής λύσης.





Επίτευξη μείωσης μάζας

- Βήμα τρίτο
- Αν το σύστημα βρει εφικτή λύση, τότε διεξαγωγή μελέτης βελτιστοποίησης για εύρεση βέλτιστης λύσης.
- Εισαγωγή σχεδιαστικού στόχου, ώστε ο σχεδιαστικός περιορισμός να έχει την επιθυμητή τιμή.
- Εύρεση σχεδιαστικού στόχου με μαζα=100γρ.

	Ontimization/Feasibility
	File Run Options
	Study Type/Name
	Optimization Feasibility
	Name OPTIM1
	Minimize MASS:MASS_PROP_1
	Design Constraints
	Parameter Op Value MASS:MASS_PROP_1 = 100.000000
	Add
	Design Variables Variable Min Max
	d13:BASE1_ 0.200000 0.230000 d14/G_WHEEI 0.200000 0.250000
	d5:DRIVE3.1500003.300000
	d15:G_WHEEL_ 3.300000 3.600000 d0:AXIS2 2.200000 2.600000
	d17:DRIVE0.3000000.350000
	d4:DRIVE0.20000025
	Add Dimension Add Parameter. Delete
	Compute
Graphtool	
Graphtool	
File View Format	
Graphtool File View Format ■ 葉 2 ● Q 2 Optimization Goal Conv	versence Graph
Seraphtool File View Format 副 雄 2	vergence Graph
Graphtod File View Format 課意 2 电 ① 第 Optimization Goal Conv 101.000000 100.833333 -	vergence Graph
Craphtool File View Format D	vergence Graph
Graphtod File Vew Format Image: State	vergence Graph
Graphtool File Vew Format Image: State St	vergence Graph
Graphtol File Vew Format Image: State Sta	vergence Graph
Graphtol File Vew Format Image: State	vergence Graph
Graphtol File Vew Pormat Image: State	vergence Graph
Graphtod File View Format Image: Constraint of the second sec	vergence Graph
Graphtod File View Pormat Image: Constraint of the second sec	vergence Graph
Graphtod File View Format Image: Construction Coal Convert Image: Convert 101.000000 Image: Convert 100.666667 Image: Convert 100.666667 Image: Convert 100.166667 Image: Convert 100.166667 Image: Convert 100.166667 Image: Convert 100.166667 Image: Convert 99.666667 Image: Convert 99.666667 Image: Convert 99.500000 Image: Convert	vergence Graph
Craphtol File Vew Format Image: Constraint of the second seco	vergence Graph
Craphtol File Vew Format Image: Constraint of the second seco	vergence Graph
Craphtol File Vew Format Image: Constraint of the second seco	vergence Graph
Craphtol File Vew Format Optimization Goal Conv 100.666667 0 100.333333 0 100.666667 0 100.666667 0 99.666667 0 99.666667 0 99.666667 0 99.33333 0 99.166667 0 90.00000 0.00 0.000 0.00 0.000 0.00 0.000 0.00	vergence Graph
Craphtol File View Format Image: Construction Coal Convert Optimization Goal Convert 100.666667 - 100.333333 - 100.166667 - 100.333333 - 99.833333 - 99.666667 - 99.500000 - 99.33333 - 99.166667 - 99.00000 - 99.33333 - 90.16667 - 90.00000 - 00.0000 - 00.0000 - 100.00000 - 90.30000 - 00.0000 - 00.0000 - 00.0000 - 00.0000 - 00.0000 - 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.0000 - 0.00000 - 0.000000 - 0.0000000 -	vergence Graph
Graphtod File View Pormat Image: Construction Coal Convergence Craph Image: Construction Coal Convergence Craph 101.000000 Image: Construction Coal Convergence Craph 100.666667 Image: Construction Coal Convergence Craph 100.166667 Image: Construction Coal Convergence Craph	vergence Graph



Χρήση μελέτης ευαισθησίας

- Σε περίπτωση όπου δεν υπήρχε εφικτή λύση, θα μπορούσε να γίνει χρήση της μελέτης ευαισθησίας, ώστε να εξεταστεί η επίπτωση της αλλαγής των τιμών των σχεδιαστικών μεταβλητών στη μάζα του μηχανισμού.
- Έναρξη μελέτης και επιλογή :
- 1. Διάστασης (πάχος βάσης μηχ/σμου)
- 2. Εύρος τιμής της διάστασης
- 3. Παράμετρος σχεδιαστικός περιορισμός (μάζα μηχανισμού)

📕 Sensitivity
File Options
C 🗳 日 !
Study Name
Name SENS1
Variable Selection
Dimension Parameter
d13:BASE1_
Variable Range
Minimum 0.100000
Maximum 0.300000
Parameters To Plot
MASS:MASS_PROP_1
Steps 30
Compute Close



Χρήση μελέτης ευαισθησίας

 Η μελέτη ευαισθησίας εξάγει το σχετικό γράφημα για μελέτη, όπου φαίνεται ότι η επιθυμητή τιμή μάζας επιτυγχάνεται για τιμή πάχους βάσης ίση με 0,258 εκατοστά.





Επίτευξη βέλτιστης ευστάθειας

- Πρώτο βήμα
- Δημιουργία ενός analysis feature τύπου Model που δίνει παράμετρο τη μάζα και το και το σημείου του κέντρου μάζας.
- Δημιουργία ενός δεύτερου analysis feature τύπου Measure που δίνει παράμετρο την απόσταση μεταξύ άξονα περιστροφής και σημείου του κέντρου μάζας.





Επίτευξη βέλτιστης ευστάθειας

- Βήμα δεύτερο
- Έναρξη μελέτης σκοπ/τας με εισαγωγή σχεδιαστικών περιορισμών (μηδενισμός της απόσταση μεταξύ των σημείων) και σχεδιαστικών μεταβλητών (διαστάσεις εξαρτημάτων που θα ποικίλλουν οι τιμές τους).
- Υπολογισμός από το σύστημα για εύρεση εφικτής λύσης.

	File Run Options
	Study Type/Name
	Name FFAS2
	Design Constraints
	Parameter Op Value
0.24	Add Delete
	Variable Min May
	d4:DRIVE0.2500000.400000
	d5:DRIVE
	Add Dimension Add Parameter Delete



Επίτευξη βέλτιστης ευστάθειας

- Βήμα τρίτο
- Αν το σύστημα βρει εφικτή λύση, γίνεται ενημέρωση του μηχανισμού στη νέα του μορφή.
- Η διεξαγωγή μελέτης βελτιστοποίησης κρίθηκε μη αναγκαία

	Optimization/Feasibility File Run Options Press III III	<u> </u>
	Study Type/Name	Feasibility
	Goal None MASS:MASS_COG	
1001	Design Constraints Parameter Op Value DISTANCE:DISTANCE_COG = 0.000000	
	Add Delete	
	Add Delete Design Variables Variable Min Max	
	Add Delete Design Variables Variable Min Max d4:DRIVE0.2500000.400000	
	Add Delete Design Variables	
	Add Delete Design Variables	Delete



Τα οφέλη

- Τα οφέλη από την επίτευξη των σχεδιαστικών στόχων :
- Μείωση κόστους κατασκευής του μηχανισμού, λόγο μείωσης μάζας υλικού κατασκευής και εργατοωρών.
- Ελαφρύτερος και μικρότερος σε όγκο μηχανισμός.
- Βέλτιστη ευστάθεια με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Δίδεται η δυνατότητα στο μηχανικό, να επικεντρωθεί και να αφιερώσει περισσότερο χρόνο στη λειτουργική άποψη του σχεδίου παρά στις λεπτομέρειες των σχημάτων του σχεδίου



Behavioral Modeling – Tutorial 1 Analysis Feature

TUTORIAL 1: Analysis Feature on the Blade Model

Goal

In this exercise, you will create a datum analysis feature to measure mass properties. For this exercise, you are concerned about the model's mass after the preliminary machining step.

1. Click > Analysis_Features folder > Double-click BLADE.PRT.

The model's design cycle is partially completed. The model's state shown on the screen represents the model with the preliminary machining step. Not only do you want to find the mass of the model, but also you want a datum coordinate system that represents the center of gravity to be created at the current location in the regeneration cycle.

1. Click Analysis in the MAIN MENU.

2. Select the Mass properties button.

4. Create a model mass properties calculation using a material density of **0.75** lbs/in3.

5. Click the glasses button to compute the mass properties.

6. On the bottom left side of the window change "Quick" to "Feature", to create a feature with this measurement parameter.

D PTC





Behavioral Modeling – Tutorial 1 Analysis Feature

- 1. In the Feature section of the dialog box, check the CSYS_COG_59 to create a coordinate system at the center of gravity of the model.
- 2. Click the Tick button, to complete the feature. Figure 6 below, shows the created coordinate system.

On the "Protrusion id 7" feature, right click "Trajectory 1", and then click "Edit". Click the **10 dimension** on the model, and type [**30**] as its new value. Press the <ENTER> key. Click Regenerate in the Menu Manager.

	Mass Properties
	Analysis Feature Solid Geometry Quilt Analysis Feature Analysis Feature Analysis Feature Analysis Feature Analysis Feature Analysis Analysis Analysis Analysis Analysis Feature Analysis Analysis Analysis Analysis Feature Analysis Analysis Analysis Analysis Analysis A
	CSYS Select items
	Density 0.75000000
5-	Accuracy 0.00001000
*	VOLUME = 3.9450401e+01 INCH ³ SURFACE AREA = 1.3698452e+02 INCH ⁴ DENSITY = 7.500000e-01 POUND / INC MASS = 2.9587801e+01 POUND
*	CENTER OF GRAVITY with respect to _BL
	Feature Mass_Prop_1
	Create analysis feature

D PTC



Behavioral Modeling – Tutorial 2 Analysis Volume and Relations

TUTORIAL 2: Analyze Volume of Fluid in a Cup

Goal

In this exercise, you will create three analysis features. In order to ensure that the proper parameter is calculated, the position of each analysis feature in the MODEL TREE is critical.

Method

You are working on a prototype of a new drinking cup. You want to know what the maximum fluid volume this cup can hold, as well as have that value as a parameter of our model, maybe for a FAMILY TABLE. You also want to make sure the fluid volume parameter updates in the cup is modified.

In order to find the fluid volume, the material volume of the cup must be measured when it is just a solid cylinder, and after a cut that allows that part to hold water. Finally, a relation will have to be created to find the difference between the two volume measurements that will equal the fluid volume.







Behavioral Modeling – Tutorial 2 Analysis Volume and Relations

1. Open the CUP.PRT.

2. From the Model Ribbon select Operations > Feature Operations > Insert Mode > Activate from the Menu Manager to insert a feature between the protrusion and the cut. When prompted for the feature to insert, select the PROTRUSION on the MODEL TREE.

3. Click Analysis > Measure > Volume, click disk and the then "make feature" to create a feature with this measurement.

4. Move Insert to the bottom of the Model Tree

5. Click Analysis > Measure > Volume, click disk and the then "make feature" to create a feature with this measurement.

6. Click Analysis, on the Analysis ribbon

7. Select Relation and click "Next"

8. Type VOLUME = VOLUME:FID_MEASURE_VOLUME_1 - VOLUME:FID_MEASURE_VOLUME_2

9. Right click Analysis feature on the model tree and select Info > Feature, to see the calculated volume parameter value

Parameter VOLUME is the difference between the two volumes and will be recalculated in every dimensions change.

The benefit of creating a relation as a datum feature rather than through part level relations, is that a relation analysis can be placed at strategic locations during the regeneration cycle. Part level relations are always calculated at the beginning of the regeneration cycle.



Behavioral Modeling – Tutorial 3 Sensitivity Analysis

TUTORIAL 3: Bottle Sensitivity

Goal: In this exercise, you will create a Sensitivity Analysis and examine the results.

Method

You use the Sensitivity Analysis to determine how the fluid volume is affected by changing the overall height of the bottle. To find the fluid volume, the volume of the solid bottle and the volume of the shelled bottle must be subtracted from each other. The solid volume analysis feature has already been created.

- 1. Change the working directory to SENSITIVITY.
- 2. Open the BOTTLE.PRT.
- 3. Create a datum analysis feature, to measure the volume of the bottle before the shell feature.
- 3. Create a datum analysis feature, to measure the volume of the bottle after the shell feature. The difference of these two volumes is the fluid volume.



- 1. Create another datum analysis feature. Click Analysis, on the Analysis ribbon
- 7. Select Relation

8. Type VOLUME = VOLUME:FID_MEASURE_VOLUME_2 - VOLUME:FID_MEASURE_VOLUME_1

9. Create a Sensitivity Study. Click Analysis > Sensitivity Analysis.

10. Create the Sensitivity Study using dimension **d2** as the X-Axis with a range from **200** to **300** and the Y-Axis as the FLUID_VOLUME parameter.

11. From the dialog box, make sure Dimension is depressed, and select the **height of the bottle dimension (d2)**. Click on first protrusion to show dimensions, in order to select it.

12. Enter the Minimum variable range as [200] and the Maximum as [300].

13. Click the Arrow button in the PARAMETERS TO THE PLOT section and then click Fluid_Volume parameter.

14. Click Compute and investigate the results. From the graph window, you can export graph to Excel for future use.



Behavioral Modeling – Tutorial 4 Optimization Analysis

TUTORIAL 4: Crankshaft Optimization Goal

In this exercise, you will learn how to create and use Feasibility and Optimization Studies.

Method

First, you create a FEASIBILITY STUDY to determine if the center of gravity on a crankshaft is in line with its main rotating axis. Then, you use an OPTIMIZATION STUDY on the mass of the part to reduce cost.

There are some other restrictions and analysis features that have to be created before feasibility and optimization studies can be performed.

>) PTC

- 1. Change the working directory to OPT_FEAS.
- 2. Open the Crankshaft part file.
- 3. Create a Model Analysis type datum analysis feature, type [Mass_Props] for the analysis name
- 4. Accept the defaults for the actual mass property calculation.
- 5. Create only the Mass parameter.
- 6. Create a datum coordinate system at the center of gravity.
- 7. Finalize the feature.





Behavioral Modeling – Tutorial 4 Optimization Analysis

Create another analysis feature that measures the distance between the center of gravity coordinate system and the crankshaft's axis of rotation, A_1.

1. Create a measure type datum analysis feature. Type [Cog_Measure] for the name.

2. Create a distance measurement from the axis, A_1, to the center of gravity coordinate system

3. Create the Distance parameter.

4. Finalize the feature.

- 1. Start the Feasibility study. Click Analysis > Feasibility/Optimization.
- 2. Click the Feasibility radio button.
- 3. Click Add from the **DESIGN CONSTRAINTS** area.

4. Click the Distance:Cog_measure parameter. Set the value to [0], then click OK.

- 5. Click Add Dimensions from the DESIGN VARIABLES area.
- 6. Select dimension **d27**.

7. Type [2] as the minimum and [6] as the maximum range. Then click OK.

8. Repeat the same procedure for dimension **d28**, and enter a range from **2** to **5**.

9. Repeat again for the dimension d31, and enter a range from 6 to 9.10. Click Compute for the results.









Behavioral Modeling – Tutorial 4 Optimization Analysis

- 1. Enter the OPTIMIZATION/FEASIBILITY dialog box and add the minimized mass optimization.
- 2. Click Optimization from the top of the dialog box.
- 3. Leave Minimize and Mass:Mass_Props as the goal.
- 4. Compute the results.
- 5. Click Close > Confirm.
- 6. Save the model and close the window.
- 7. Erase the model from memory.



Άσκηση Behavioral Modeling

Στη συνέχεια ακολουθεί άσκηση σχετική με τη βελτίωση χαρακτηριστικών σχεδίασης.

Την άσκηση αυτή πρέπει να την υλοποιήσετε στο λογισμικό του PTC Pro Engineer Creo 2.0 και να την αποστείλετε σε ηλεκτρονική μορφή μέχρι το επόμενο μάθημα (μέχρι την ημέρα του επόμενου μαθήματος, πριν από αυτό). Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις οδηγίες που παρέχονται, ή να χρησιμοποιήσετε δικό σας τρόπο σκέψης και υλοποίησης των ασκήσεων.

Ζητείται να παραδοθεί το αντίστοιχο αρχείο σχεδίου.

Μαζί με τα αρχείο αυτό πρέπει να παραδοθεί και αναφορά, στην οποία να περιγράφεται:

Η διαδικασία υλοποίησης της άσκησης

Η μεθοδολογία που ακολουθήσατε και η ροή των εντολών στο λογισμικό

Πιθανά προβλήματα και δυσκολίες που συναντήσατε

Πιθανές σκέψεις που μπορεί να σας αναπτυχθούν, σε σχέση με τη διαδικασία χειρισμού του λογισμικού, οι οποίες πιστεύετε ότι θα έκαναν απλούστερη την υλοποίηση της άσκησης (με κατάλληλη τεκμηρίωση)



Άσκηση Behavioral Modeling

EXERCISE 1: Set Volume Level for a Pitcher Goal: In this user exercise, you will use Behavioral Modeling to set a oneliter mark-up for a pitcher.

Method

You will begin with a prepared pitcher and define the fill height for oneliter using Feasibility Study.

1. Open the PITCHER.PRT in the ADDITIONAL_FILES subdirectory.

2. Use the datum plane and analysis features for the one-sided volume calculation.

3. Create a Feasibility Study to determine the filling height for one liter.

4. Mark it by using a datum curve and save the part.

Additional help for this exercise:

- 1. Change the working directory to additional_parts.
- 2. Double-click the PITCHER.PRT.
- 3. Orient the part into the DEFAULT VIEW.
- 4. Use the insert mode and insert before the shell feature.
- 5. Create a datum plane with offset of [100] from the TOP plane

6. Create an analysis feature, analysis type: MODEL ANALYSIS, to calculate the one-sided volume (one_sided_vol is the parameter that you need to use in the relations later) of the pitcher without shell between DTM1 and TOP.









Άσκηση Behavioral Modeling

7. Exit the insert mode.

8. Create another analysis feature of the same MODEL ANALYSIS type to calculate the one-sided volume of the pitcher with shell between DTM1 and TOP.

9. Create another analysis feature, analysis type: RELATION to calculate the difference between the two volumes.

10. Create a Feasibility Study.

11. Set the design constraint to 1000000 mm³ in the DIFFERENCE PARAMETER.

12. Select the design variable to be the offset dimension of DTM1.

13. Compute the study.

14. Create a datum curve by using the option Intr Surfs and place it between DTM1 and the pitcher protrusion. To create the datum curve, you must create a cross section first. To create a cross section, select View > Manage Views > View Manager > Sections > New

15. Save the part.





