

cad lab

Oblikovanje pomoću računala

Modeliranje krutim tijelima i modeliranje uporabom značajki

14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala 1

cad lab

Modeliranje krutim tijelima i modeliranje uporabom značajki

SADRŽAJ

- Modeliranje uporabom geometrijskih objekata
- Geometrijski modeli krutih tijela
- Dekompozicijski modeli
- Konstruktivni modeli krutih tijela
 - CSG prikaz
 - Rubni prikaz

14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala 2

cad lab

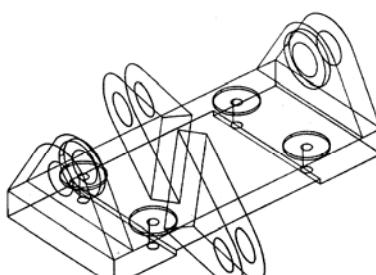
Modeliranje uporabom geometrijskih objekata

- **Što je dobro:**
 - brzi algoritmi za prikaz i kreiranje,
 - manja kompleksnost baze crteža,
 - bolja mogućnost razmjene podataka sa drugim CAD programskim aplikacijama,
- **Što su problemi:**
 - mogućnost neispravnog modela,
 - mogućnost kreiranja nekompletnih modela
 - ograničena uporabivost

14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala 3

Modeliranje uporabom geometrijskih objekata

cad lab



14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala 4

Geometrijski modeli krutih tijela

cad lab

- Računalni modeli tijela moraju zadovoljiti sljedeće karakteristike u E3 prostoru:
 - krutost – konfiguracija apstraktnog tijela mora biti neovisna o lokaciji i orientaciji tijela u prostoru,
 - homogena trodimenzionalnost – tijelo mora imati svoju unutrašnjost, a oplošje tijela ne smije imati višečih bridova ili ploha,
 - konačnost – tijelo mora zauzimati konačni dio prostora,
 - zatvorenost pod osnovnim transformacijama i nekim Boolean operacijama – osnovne transformacije (translacija i/ili rotacija) ili operacije dodavanja i odizimanja kada se primjenje na tijelo moraju rezultirati također tijelom,
 - konačnost opisa – model tijela u 3D prostoru mora se moći opisati konačnim brojem pojmoveva,
 - određenost oplošja – oplošje tijela mora jednoznačno definirati prostor unutar tijela (volumen).

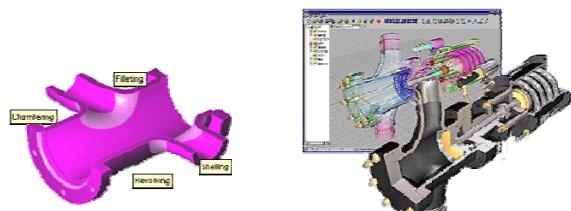


14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala 5

Geometrijski modeli krutih tijela

cad lab

- Neki od važnijih aspekata izrade modela uporabom krutih tijela su osiguravanje integriteta te kompleksnost modela.
- Modeli krutih tijela mogu se podijeliti u tri kategorije:
 - dekompozicijski modeli (decomposition models),
 - konstruktivni modeli (constructive models),
 - rubni prikaz (boundary representation).



14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala 6

cad lab

Dekompozicijski modeli

- Dekompozicijski modeli (decomposition model) – predstavljaju skup ili kolekciju jednostavnih modela povezanih operacijom "ljepljenja". Elementi koji tvore model se popisuju (enumeriraju) nekom od metoda. Područje primjene je u prikazima vezanim za simulacije, video igre, renderiranje volumena, animacije te 3D prikaze generirane na osnovu digitalnih snimaka (GIS).
 - Načini dekompozicije elemenata:
 - podjela s jedinakim korakom (Brute force),
 - dijeljenje na četvrtine (Quadtrees) 2D,
 - dijeljenje na osmine (Octrees) 3D,
 - volumske čeliјe (Voxels).

The diagram illustrates the decomposition of complex shapes into simpler components. On the left, a 2D square grid contains a circle, with arrows pointing to a 3D cube grid below it and a 3D voxel grid on the right. The 3D cube grid has a 3D coordinate system (x, y, z) labeled. The 3D voxel grid represents a complex, irregular shape composed of a grid of small cubes.

14.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oštikovanje pomoću računala

7

cad lab

Dekompozicijski modeli

- Osobine dekompozicijskih modela:
 - omogućuju aproksimativni (približan) prikaz. Rezolucija tj. "kvaliteta" prikaza (aprosimacije) ovisi o veličini čelja,
 - prikaz se mijenja u slučaju promjene položaja,
 - isti skup čelja može opisivati nekoliko objekata (Schema prikaza je jednoznačna samo u slučaju fiksne rezolucije),
 - jednostavna uporaba Boolean operatora kod čelja.



- Voxel – VOlumen piXel Element



- Octree primjer.



cad lab

Konstruktivni modeli krutih tijela

- Konstruktivni modeli tijela (constructive solid models) – kreiraju se kao kombinacija geometrijskih primitiva i Boolean operacija. Izdvajaju se dva pristupa:
 - modeli kreirani uporabom poluprostora (half-space models),
 - CSG modeli (constructive solid geometry).

The diagram shows the construction of a solid model from three half-spaces. A central cylinder has height H_1 and radius r . Three planes define the boundaries of the half-spaces:

- A vertical plane on the left with equation $x^2 + y^2 - r^2 > 0$, intersecting the cylinder at height H_1 .
- A horizontal plane at the top with equation $z > 0$, intersecting the cylinder at height H_1 .
- A horizontal plane at the bottom with equation $z = h < 0$, intersecting the cylinder at height H_2 .

The intersection of all three planes is labeled $C = H_1 \cap H_2 \cap H_3$. The text "model kreiran uporabom poluprostora" points to the left boundary plane.

14.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda • <http://www.cadlab.fsb.hr> • Oblikovanje pomoću računala

12



Konstruktivni modeli krutih tijela

- Modeli kreirani uporabom poluprostora - kreiraju se kombinacijom jednostavnih poluprostornih osnovnih oblika. Poluprostomi primitivi se kreiraju dijeljenjem prostora u dva dijela tvoreći dva poluprostora koja oba mogu biti beskončana ili jedan konačan, a drugi beskončan.
 - U najvećem broju slučajeva poluprostorni primitivi se kreiraju dijeljenjem prostora uporabom ravničkih površina ili odabira orijentacije koja pripada tijelu. Npr. kocka se može prikazati kao presjek šest poluprostora pri čemu je svaki definiran na taj način da je pozitivna strana ravničke površine uključena u kocku.
 - Poluprostorni modeli se kreiraju kombinacijom instanci poluprostornih primitiva i Boolean operatora.



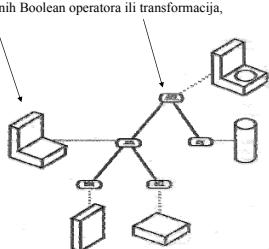
14.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala

13

Konstruktivna geometrija tijela

- CSG prikaz je uređeni binarni graf (stablo) čiji međučvorovi označavaju osnovne operatore i pomake, a krajnji čvorovi ili osnovne oblike ili pomake. Neki algoritmi dozvoljavaju ponavljanje istih struktura pa su grafovi ciklicki.
 - CSG stablo se sastoji od:



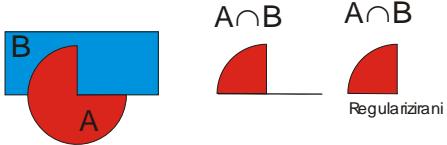
14.4.2009

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala

14

Konstruktivna geometrija tijela

- Operatori su regularizirani Boolean operatori (unija, presjek i razlika).



14.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala

15

cad lab

Konstruktivna geometrija tijela

The diagram illustrates three CSG operations:

- Unija (Union):** Shows two separate 3D objects (a red cylinder and a blue sphere) being combined into a single object.
- Presjek (Intersection):** Shows two 3D objects (a red cube and a blue sphere) overlapping, representing their common volume.
- Razlika (Difference):** Shows a large 3D cylinder with a smaller 3D cube removed from one side, representing the volume of the cylinder minus the volume of the cube.

14.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oštikovanje pomoću računala

16

cad lab

Konstruktivna geometrija tijela

Osobine CSG prikaza:

- mogućnosti ovise o klasama dostupnih poluprostora te o dostupnom osnovnim oblicima,
- CSG stablo osigurava ispravnost modela te omoguće kontrolu istih,
- CSG stablo opisuje jednoznačan ali ne jedinstven prikaz modela jedan od razloga je i taj što se modela može kreirati kombinacijom različitih osnovnih oblika,
- budući da je skup Boolean operatora sastavni dio CSG stabla, unija dva različita CSG stabla kreirat će u novo ispravno CSG stablo,
- u većini slučajeva za prikaz CSG modela koristi se rubni prikaz (B-Rep).

14.4.2008

Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Olikovanje pomoću računala

17

The diagram illustrates Constructive Solid Geometry (CSG) operations. It shows basic primitives (Cuboid, Cylinder, Sphere, Cone, Wedge, Torus) and their Boolean combinations: Primitives (Intersection, Union, Difference).

cad lab



Rubni prikaz

- Rubni prikaz (boundary representation) – temelji se na pogledu na kruto tijelo pomoću površina. Modelirani objekt se potpuno definira i prikazuje preko povezanih površina. U cilju ispravnog opisa modeliranog objekta rubni model se dodatno sastoje i od opisa točki, bridova i topoloških relacija na njima.
- Površine, točke i bridovi se označuju te tvore stablo (graf), a rubovo stabla opisuju relacije između njih. Rubni prikaz se sastoji od geometrijskih i topoloških podataka. Geometrijski podaci su pridruženi čvorovima stabla.





Rubni prikaz

- Topološke relacije na osnovu kreiranog stabla:
 - kruto tijelo se sastoji od skupa površina.
 - svaka površina obrubljena je skupom bridova.
 - skup bridova je ureden skup tako da tvori zatvorenu petlju (neophodno da bi se moglo razlučiti "umutrašnjost" od "vanjskosti"),
 - bridove dijele susjedne površine koje se sijeku na brida,
 - bridovi su ograničeni susjednim vrhovima,
 - vrhove dijele susjedni bridovi koji se sijeku u njima.



Rubni prikaz

Ispравност B-rep prikaza određuje se Euler-Poincaré jednaložbom.

$$v - e + f = 2(s - h) + r$$

v – broj vrhova h – broj prorvata
e – broj bridova r – broj prstenova
f – broj površina s – broj ljuški

Topologija prikazanih oblika je ista.

Ispravan model → Neispravan model

Pomak točke

14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * http://www.cadlab.fsb.hr * Oblikovanje pomoću računala 22

Rubni prikaz

Primer rubnog prikaza temeljenog na opisu vrhova modela. Pojedini vrhovi se pridružuju površinama. Vrhovi pojedinih površina prikazuju se u nepromjenjivom redu. Geometrijske informacije o površinama se ne zapisuju eksplisitno već putem koordinata vrhova i njihovog odnosa prema površinama.

Edge	Vertices
e1	V ₁ V ₂
e2	V ₂ V ₃
e3	V ₃ V ₄
e4	V ₄ V ₁
e5	V ₁ V ₅
e6	V ₂ V ₆
e7	V ₃ V ₇
e8	V ₄ V ₈
e9	V ₅ V ₆
e10	V ₆ V ₇
e11	V ₇ V ₈
e12	V ₈ V ₅

v1 x1 y1 z1 f1 v1 v2 v3 v4
v2 x2 y2 z2 f2 v6 v2 v1 v5
v3 x3 y3 z3 f3 v7 v3 v2 v6
v4 x4 y4 z4 f4 v8 v4 v3 v7
v5 x5 y5 z5 f5 v5 v1 v4 v8
v6 x6 y6 z6 f6 v8 v7 v6 v5
v7 x7 y7 z7
v8 x8 y8 z8

14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * http://www.cadlab.fsb.hr * Oblikovanje pomoću računala 23

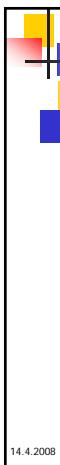
Rubni prikaz

Primer rubnog prikaza temeljenog na opisu bridova modela. Model je opisan pomoću opisa bridova koji tvore zatvorenu petlju tj. omedju površinu. Prilikom zapisivanja vodi se računa o orijentaciji svakog brida. Površine se orijentiraju na taj način da su bridovi navedeni u smjeru kazaljke na sati gledano izvana na model. Svaki brid dijeli se na dvije površine, jednom u pozitivnoj i jednom u negativnoj orijentaciji.

Edge	Vertices
c ₁	V ₁ V ₂
c ₂	V ₂ V ₃
c ₃	V ₃ V ₄
c ₄	V ₄ V ₁
c ₅	V ₁ V ₅
c ₆	V ₂ V ₆
c ₇	V ₃ V ₇
c ₈	V ₄ V ₈
c ₉	V ₅ V ₆
c ₁₀	V ₆ V ₇
c ₁₁	V ₇ V ₈
c ₁₂	V ₈ V ₅

Face	edges
f ₁	c ₁ c ₂ c ₃ c ₄
f ₂	c ₅ c ₆ c ₇ c ₈
f ₃	c ₉ c ₁₀ c ₁₁ c ₁₂
f ₄	c ₁ c ₅ c ₉ c ₁₃
f ₅	c ₂ c ₆ c ₁₀ c ₁₄
f ₆	c ₃ c ₇ c ₁₁ c ₁₅
f ₇	c ₄ c ₈ c ₁₂ c ₁₆
f ₈	c ₁₃ c ₁₄ c ₁₅ c ₁₆

14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * http://www.cadlab.fsb.hr * Oblikovanje pomoću računala 24



Literatura i URL linkovi

cad lab

- J. J. Shah, M. Mantyla, Parametric and Feature-Based CAD/CAM, John Wiley & Sons Inc., New York,1995.
- I. Zeid, CAD/CAM Theory and Practice, McGraw-Hill, Inc., New York, 1991.

- <http://www.geocities.com/Athenas42004/graphics.htm>
- <http://www.inf.tuwien.ac.at/fr/Buildings/diss/node5.html>
- http://www.fourmilab.ch/autofile/www/tableofcontents2_117.html
- <http://en.wikipedia.org/wiki/CAD>
- http://cadd.web.cern.ch/cadd/cad_geant_int/thesis/node3.html
- <http://www.autodesk.com>
- <http://www.ptc.com>
- <http://www.catia.com>
- <http://www.unigraphics.com>
- <http://www.solidworks.com>

14.4.2008 Katedra za konstruiranje i razvoj proizvoda * <http://www.cadlab.fsb.hr> * Oblikovanje pomoću računala 25
