

MODELAREA ȘI PROTOTIPAREA VIRTUALĂ A MECANISMELOR PE BAZA SOFTURILOR PERFORMANTE TIP MBS

Cătălin ALEXANDRU

Universitatea "Transilvania" din Brașov, Facultatea I.T., calex@unitbv.ro

Abstract. In this paper, we attempt to present some aspects regarding the modeling and virtual prototyping of the mechanical systems by using "multibody systems" (MBS) environment. These programs automatically formulate and solve the motion's equations, by taking into consideration the multibody system model of the mechanical system, involving geometric constraint equations, kinematic restrictions (motion generators), elastic and damping elements, external forces and torques (depending on the working environment). The flow chart analysis is presented, having in view the degree of freedom of the mechanical system. Finally, there are presented specific aspects regarding the modeling and analysis of the mechanical systems by using the commercial MBS ADAMS of MSC Software.

1. INTRODUCERE

Utilizarea calculatorului în cele mai diverse domenii de activitate a încetat de mult să mai fie o modă, devenind practic o necesitate. Încă din fazele precoce ale proiectării și până la execuția finală a unui produs, calculatorul poate înlocui uneltele / tehnicile clasice, punând la dispoziție metode eficiente și elegante de lucru. În domeniul analizei și simulării sistemelor mecanice, o multitudine de programe, începând cu "popularele" limbaje de programare (ex. FORTRAN, PASCAL, C++), continuând cu programele de proiectare asistată (ex. CATIA, SOLID WORKS, PROENGINEER, AUTOCAD) și ajungând la softurile performante "MultiBody Systems" - MBS (ex. ADAMS, PLEXUS, DYMES, SDS) sunt în prezent utilizate pe scară largă [1].

În această lucrare se vor prezenta o serie de aspecte referitoare la modelarea sistemelor mecanice prin utilizarea de softuri performante de analiză automată, denumite generic MBS (acronimul de la „MultiBody Systems”), metoda de analiză – modelare cu aceste tipuri de programe fiind prezentată pe larg în [4, 5, 6]. Ca exemplu, se va considera algoritmul de modelare cu softul comercial licențiat ADAMS – MSC Software.

2. SCHEMA DE ANALIZĂ CU SOFTURI MBS

Softurile MBS autoformulează și rezolvă ecuațiile de mișcare ale sistemului mecanic, pe baza modelului geometrico - elastic și a restricțiilor în mișcare existente în sistem. Ca formalisme de calcul frecvent utilizate de softurile MBS sunt Lagrange, Euler, Kane, D’Alambert, putându-se identifica două mari grupe de softuri MBS: programe care formulează numeric ecuațiile de mișcare ale sistemului pentru fiecare pas de integrare; programe care formulează simbolic ecuațiile de mișcare, utilizatorul stabilind ulterior dacă se face sau nu integrarea, operație care se poate efectua cu programe de calcul simbolic gen MATLAB sau MAPLE.

Softurile MBS privesc mecanismul ca pe un ansamblu de corpuri rigide, interconectate prin legături mecanice (restricții geometrice), elemente elastice (ex. arcuri) și disipative (ex. amortizoare); asupra sistemului mecanic acționează un sistem de forțe exterioare (de greutate, motoare, rezistente) și de forțe interne (generate de elementele elastice și de amortizare).

Pentru analiza unui sistem mecanic, softurile MBS permit mai multe opțiuni, anume: analiza fezabilității (asamblarea modelului), redundanța (eliminarea legăturilor redundante - suplimentare), echilibrul static, echilibrul cvasistatic, analiza cinematică, analiza dinamică și dinamica inversă. Acestea pot fi realizate separat sau împreună într-o anumită secvență, depinzând de tipul analizei și de gradul de libertate (DOF - Degree Of Freedom) al sistemului analizat (fig. 1). Gradul de libertate al unui sistem mecanic este dat de numărul mișcărilor nedeterminate cinematic,

$$\text{DOF} = \text{DOM} - \text{DN}, \quad (1)$$

unde DOM reprezintă gradul de mobilitate (Degrees Of Mobility), adică numărul coordonatelor generalizate care definesc mișcarea tuturor corpurilor din mecanism, iar DN (Driver Number) – numărul mișcărilor conducătoare/generatoare (restricții reonome, dependente de timp).

Mișcarea corpului rigid este descrisă prin șase coordonate generalizate: coordonatele originii reperului atașat corpului și orientarea axelor acestui reper relativ la axele sistemului de referință global (inerțial). Prin urmare, gradul de libertate este echivalent cu numărul total de coordonate independente în sistem (relația Gruebler),

$$\text{DOF} = 6 \cdot n - r, \quad (2)$$

în care n reprezintă numărul corpurilor mobile din sistem, iar r – numărul restricțiilor geometrice și cinemate.

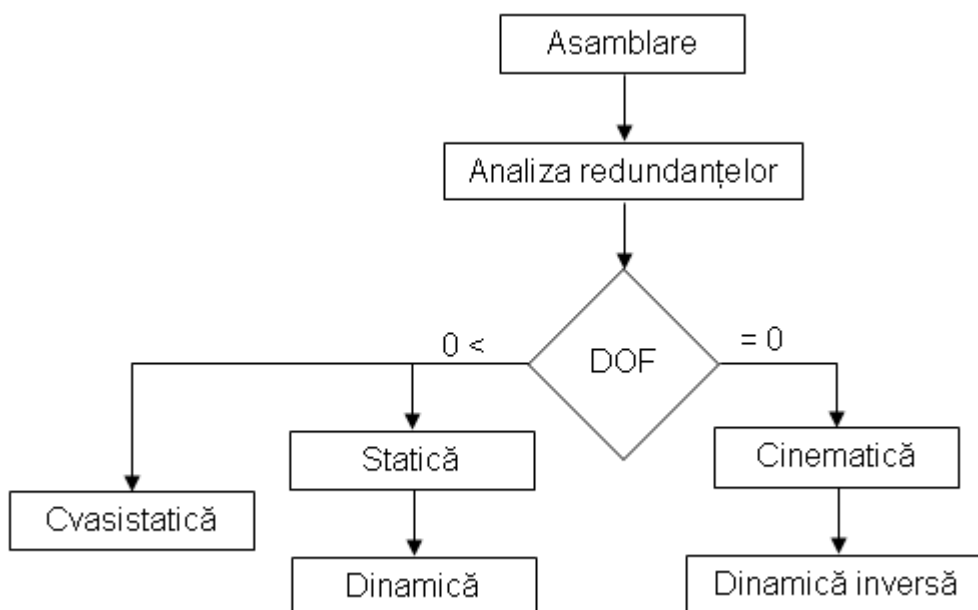


Fig. 1 Schema de analiză cu soft MBS

La analiza fezabilității se realizează asamblarea corpurilor din sistem prin intermediul restricțiilor impuse, în limitele unor toleranțe admise.

Redundanța constă din identificarea și eliminarea legăturile redundante (suplimentare) din sistemul mecanic supraconstrâns (chiar dacă modelul fizic funcționează corespunzător, la rezolvarea modelului matematic aferent pot apare dificultăți majore induse de constrângerile redundante neeliminate). Eliminarea redundanțelor în faza de modelare a sistemului mecanic implică eliminarea duplicatelor și înlocuirea unor cuple din modelul inițial cu alte tipuri de cuple de clase inferioare (clasa unei cuple este definită de numărul restricțiilor pe care legătura le introduce în mișcarea relativă a elementelor adiacente), în condițiile în care mișcarea inițială a sistemului mecanic trebuie respectată.

Constrângerile redundante corespund mișcărilor care nu se produc în sistemul mecanic (altfel, nu ar putea fi eliminate pentru că s-ar denatura mișcarea sistemului mecanic), spațiul redundant (R) fiind de fapt inversul spațiului asociat de mișcare (S), adică $R=6-S$. Astfel, gradul de libertate al sistemelor care conțin redundanțe se poate exprima astfel:

$$DOF = 6 \cdot n - (r - R). \quad (3)$$

Echilibrul static constă din găsirea configurației de echilibru static stabil, caracterizată de viteze și accelerații nule în sistem. Datele de intrare sunt pozițiile - orientările și constrângerile tuturor corpurilor din sistem, ca și forțele care acționează asupra acestora. Mărimile de ieșire constau din configurația sistemului mecanic în poziția de echilibru stabil și cu forțele de reacțiune din sistem în această poziție. Echilibrul cvasistatic constă dintr-o serie de echilibre statice, pentru seturi specificate de poziții ale corpurilor sau forțe aplicate acestora.

Analiza cinematică constă din analiza pozițională a sistemului mecanic în corelație cu funcția de timp a mișcărilor conducătoare. În acest tip de analiză nu se ia în considerare efectul forțelor și al maselor din configurația asamblată a sistemului. Datele de intrare sunt pozițiile - orientările și constrângerile tuturor corpurilor din sistemul mecanic. Mărimile de ieșire sunt pozițiile, vitezele și accelerațiile din sistem.

Analiza dinamică constă din studiul mișcării reale a sistemului mecanic sub acțiunea forțelor. Datele de intrare sunt configurația asamblată a sistemului, masele și caracteristicile inerțiale ale corpurilor din componența sistemului, caracteristica de forțe externe - interne și condiții inițiale asupra pozițiilor și vitezelor. Mărimile de ieșire sunt parametrii mișcării reale a corpurilor și reacțiunile din sistemul mecanic.

Analiza dinamică inversă constă din determinarea forțelor - momentelor de antrenare necesare pentru a genera mișcarea cinematică prescrisă a sistemului mecanic. Datele de intrare sunt modelele cinematice cu $DOF=0$, cu proprietățile masice și de forțe definite. Mărimile de ieșire constau din forțele de reacțiune din articulații și forțele motoare.

Metodica de analiză a sistemelor mecanice prin utilizarea de softuri MBS presupune parcurgerea a trei etape: preprocesare (modelare sistem), procesare (rulare model) și postprocesare (prelucrare rezultate).

Etapa de preprocesare a datelor presupune indicarea datelor de intrare, după cum urmează:

- precizarea de informații referitoare la calculele care se vor efectua: tipul analizei care se dorește, sistemul de unități de măsură utilizat, sistemul de coordonate utilizat pentru modelarea sistemului, vectorul accelerație gravitațională, intervalul de timp al analizei, toleranțele admise pentru convergența soluțiilor sistemelor de ecuații algebrice și diferențiale, mărimile de ieșire (mișcare, forță, etc.) care se doresc afișate, date privind simularea grafică (forma elementelor);
- descrierea caracteristicilor neliniare ale evenimentelor și/sau elementelor modelului (de ex. legea de mișcare a elementelor conducătoare, profilul unui drum pentru simularea mișcării automobilelor, caracteristica unor elemente elastice etc.), caracteristici modelate prin curbe, suprafețe sau tabele de valori în puncte discrete;
- descrierea structurală a modelului: definire elemente cinematice (poziție, orientare, caracteristici masico-inerțiale), definire legături, restricții în mișcare și mișcări conducătoare, definire elemente generatoare de forță internă (elemente elastice și de amortizare), definire forțe și momente exterioare / aplicate.

Etapa de procesare este realizată automat de către program și constă din următoarele etape: generarea sistemelor de ecuații algebrice și diferențiale, asamblarea sistemului mecanic prin intermediul restricțiilor introduse, identificarea și eliminarea legăturilor redundante, rezolvarea numerică a ecuațiilor.

Etapa de postprocesare constă în prelucrarea rezultatelor prin trasarea de diagrame a dependențelor dorite și animarea (simularea) grafică a modelului.

Dintre multiplele avantaje pe care le oferă utilizarea softurilor MBS în analiza, simularea și optimizarea funcționării sistemelor mecanice se pot puncta: proiectarea rapidă și eficientă, prin utilizarea de solvere foarte puternice; posibilitatea modelării oricărui tip de sistem mecanic (plan sau spațial); flexibilitatea modelului; estimarea comportamentului sistemului încă din fazele precoce ale proiectării; simularea funcționării pentru regimuri reale de solicitare; optimizarea comportamentului sistemului prin modificarea facilă a unor caracteristici geometrico - elastice.

Toate aceste avantaje conduc, în final, la posibilitatea construirii / testării unor adevărate prototipuri virtuale, și aceasta în condițiile în care testarea practică ar presupune realizarea de prototipuri fizice, proces scump și mare "consumator" de timp [3].

3. CONSIDERAȚII PRIVIND MODELAREA CU SOFTUL MBS ADAMS

ADAMS (acronimul de la "Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems") este un pachet de programe destinat analizei și optimizării dinamice a sistemelor mecanice multicorp, realizat de firma Mechanical Dynamics - Michigan, preluată din anul 2002 de renumita companie MSC Software Corporation [7]. Prima versiune ADAMS a apărut acum aproximativ 30 de ani, „părintele” acestui program fiind profesorul american de origine română Nicolae Orlandea. Produsul original a fost ADAMS/Solver, o aplicație pentru rezolvarea sistemelor neliniare de ecuații. La începutul deceniului trecut a fost lansat modulul ADAMS/View, care permite modelarea, simularea și examinarea rezultatelor într-un singur mediu. În prezent, ADAMS este cel mai performant soft de analiză automată a sistemelor mecanice, fiind considerat numărul unu în lume în prototipare virtuală.

Printre programele (modulele) incluse în pachetul ADAMS se pot puncta: ADAMS/View – modelarea și simularea sistemelor mecanice (modulul general); ADAMS/Exchange – importul și exportul de modele - fișiere; ADAMS/Solver – formularea și rezolvarea automată a sistemelor de ecuații care descriu mișcarea modelului; ADAMS/AutoFlex – modelarea corpurilor flexibile; ADAMS/Controls – adăugarea sistemelor de control la modele; ADAMS/PostProcessor – postprocesarea rezultatelor analizei - simulării; ADAMS/Animation – animarea grafică a mecanismului; ADAMS/Car – modelarea suspensiei automobilelor, pe punți și în ansamblu; ADAMS/Tire – modelarea pneurilor de automobil; ADAMS/Rail – modelarea sistemelor specifice căilor ferate ș.a.

Baza de date în care ADAMS păstrează operațiile din sesiunea de lucru este de tip ierarhic (fig. 2). În acest sens, fiecare obiect din baza de date are un obiect căruia îi aparține, denumit părinte (parent), și o serie de obiecte care îi aparțin, denumite copii (children). Obiectele de nivel superior în baza de date sunt modelele (models) și componentele interfeței grafice (GUI – Graphic User Interface). Denumirea obiectelor în baza de date utilizează structura ierarhică, de exemplu o parte „PART_1” din modelul „MODEL_1” are numele complet „MODEL_1.PART_1”. Două obiecte care aparțin aceluiași „părinte” trebuie să aibă nume diferite, dar pot avea același nume dacă aparțin la „părinți” diferiți.

Într-o bază de date, care din punct de vedere fizic este de fapt fișierul, se pot construi – stoca unul sau mai multe modele, care pot reprezenta de exemplu multiple versiuni ale aceluiași sistem mecanic, ceea ce permite compararea facilă a rezultatelor între modele. Modelele dintr-o bază de date pot fi și subsistemele ale unui sistem complex, existând posibilitatea conectării ulterioare a subsistemelor în ansamblul sistemului. Cuplarea se poate realiza prin crearea unui model nou, în aceeași bază de date, sau prin utilizarea ca model destinație a unuia dintre modelele (subsistemele) existente.

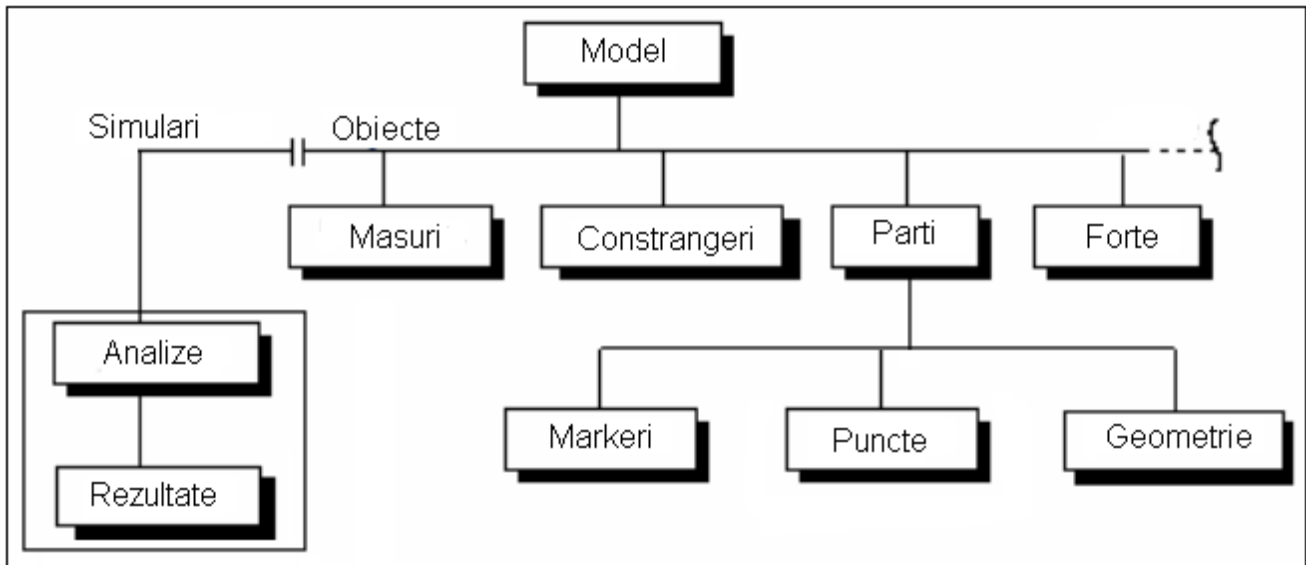


Fig. 2 Structura bazei de date ADAMS

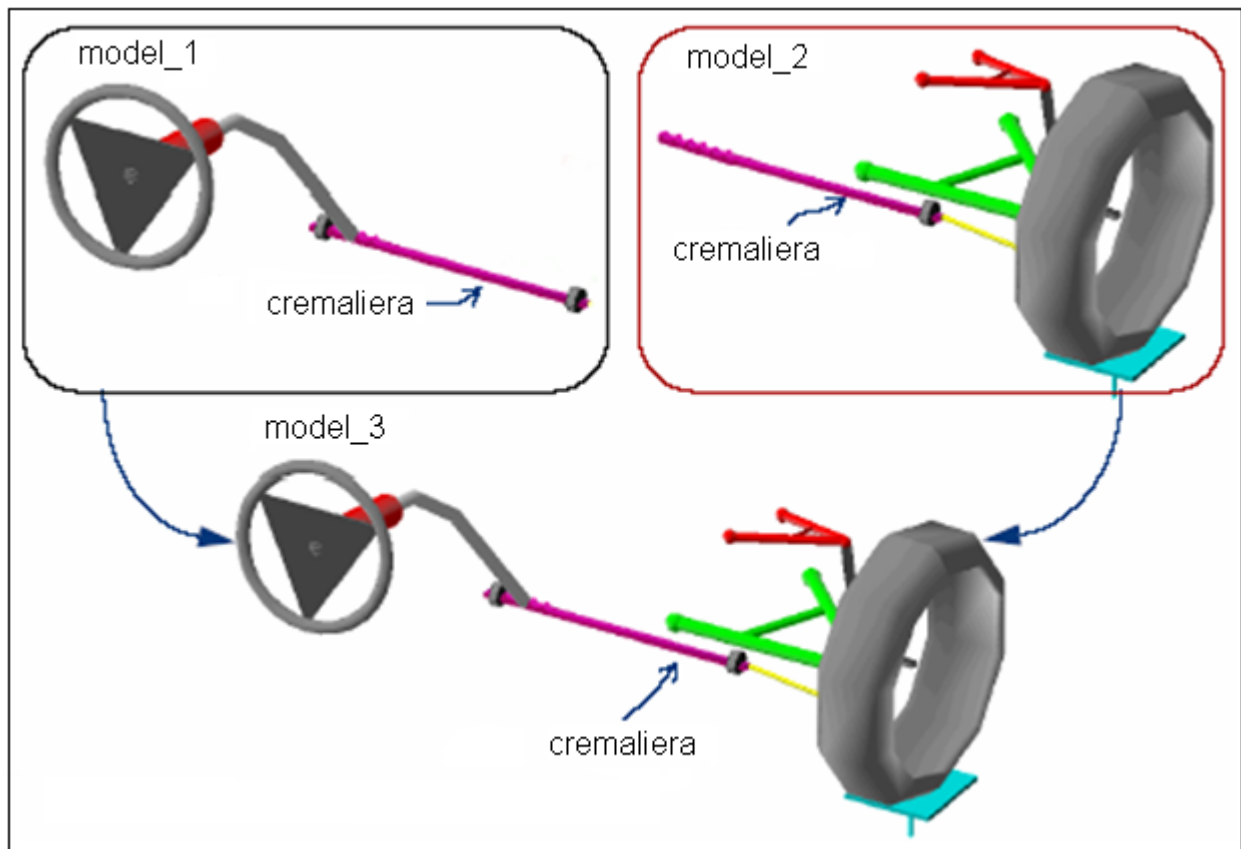


Fig. 3 Cuplarea subsistemelor în ADAMS

De exemplu, în figura 3 se prezintă o bază de date care include, inițial, două modele, corespunzătoare subsistemelor de direcție (model_1) și suspensie (model_2) ale unei punți față auto. Cele două modele sunt cuplate într-un nou model (model_3), realizând astfel un ansamblu de sistem de ghidare. Cuplarea subsistemelor (modelelor) se face prin intermediul numelor părților (corpurilor) comune; în exemplul considerat, ambele subsisteme conțin corpul „cremaliera”. În lipsa unor astfel de corpuri comune, cuplarea

modelelor va însemna doar aducerea subsistemelor în același model, fără să existe însă conexiuni între ele, situație în care procesul de conectare trebuie realizat prin adăugarea de constrângeri geometrice (cuple) între părțile subsistemelor.

Pentru salvarea unei sesiuni de lucru, există două posibilități de bază: salvarea bazei de date, cu toate modelele componente, ca fișier binar (extensia „bin”), respectiv exportarea unui model dintr-o bază de date ca fișier de comenzi (extensia „cmd”).

Fișierele tip bază de date includ întreaga sesiune de modelare: modele, rezultate ale simulărilor efectuate, diagrame, animații grafice. Aceste fișiere au dimensiune relativ mare și sunt platforme dependente de versiunea de ADAMS, adică un fișier creat cu o anumită versiune nu poate fi încărcat / editat într-o versiune inferioară (invers este posibil), de exemplu fișiere create în ADAMS 2003 pot fi editate doar în versiunile 2003 sau 2005 (și cele care vor urma).

Fișierele de comenzi includ doar elementele (obiectele) unui model, cu atributele acestora, sunt relativ reduse ca dimensiune și pot fi editate cu editoare de text obișnuite, gen Notepad (evident, trebuie cunoscută structura – sintaxa comenzilor ADAMS). Aceste fișiere nu includ și rezultate ale unor simulări anterior făcute asupra modelului, prin urmare trebuie executate (rulate) după fiecare încărcare în ADAMS. Există însă posibilitatea ca într-o sesiune de modelare să se efectueze analiza modelului urmată de exportarea datelor simulării ca fișier de rezultate ADAMS/Solver (extensia „res”), care ulterior să fie importat în ADAMS după importarea fișierului de comenzi. Spre deosebire de fișierele tip bază de date, fișierele de comenzi sunt platforme independente, deci pot fi încărcate – editate și în versiuni inferioare versiunii cu care au fost create.

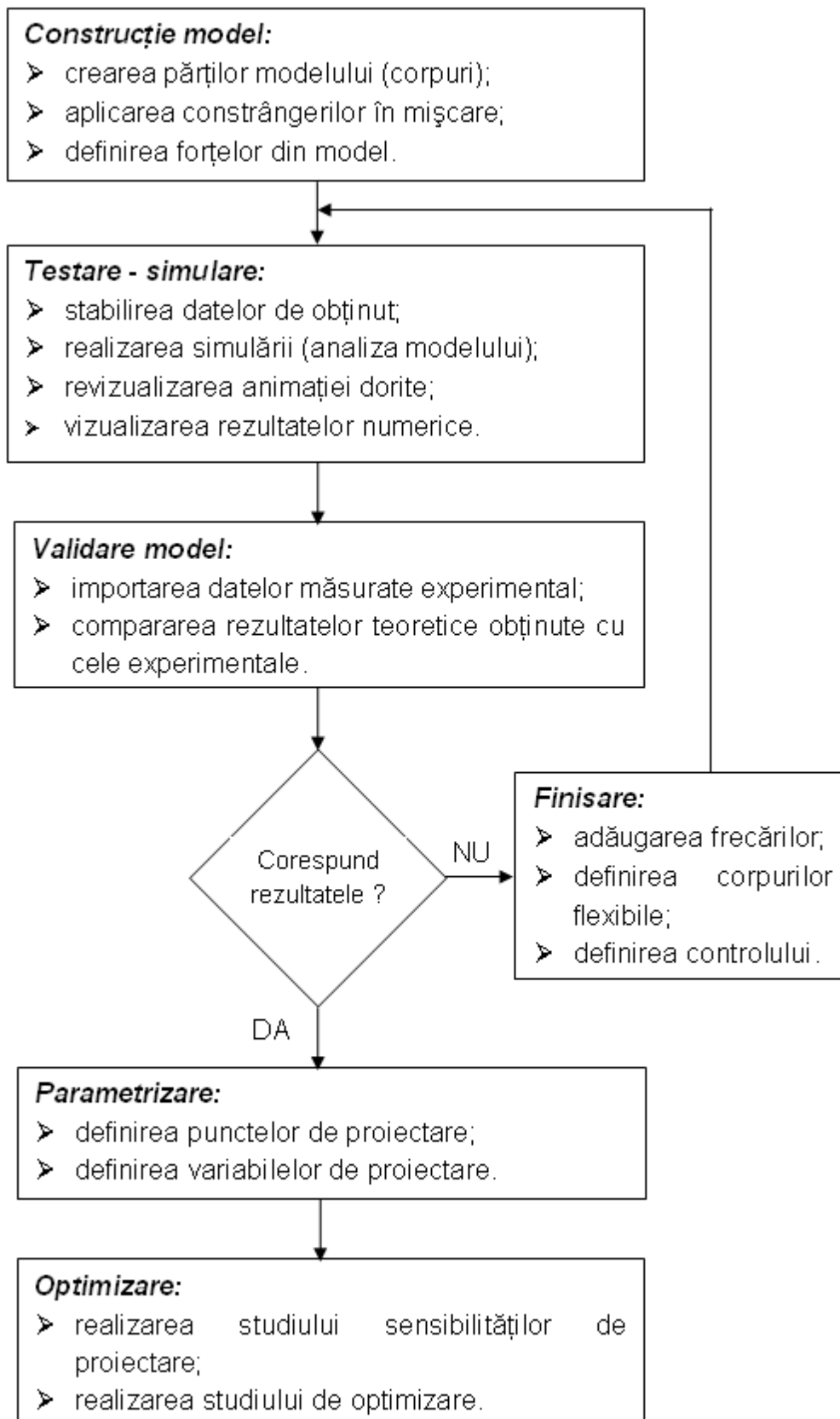
Pe lângă aceste tipuri de fișiere, se pot importa – exporta și alte formate, de exemplu fișiere de intrare ADAMS/Solver (ADM), fișiere tip geometrie (STEP, IGES, DXF, DWG ș.a.), fișiere tip rezultate ale simulării (MSG, REQ, OUT, GRA, RES).

Sistemul mecanic este tratat în ADAMS ca un ansamblu de corpuri (denumite părți – parts) conectate prin legături mecanice (cuple), elemente elastice și de amortizare. Etapele pentru modelarea și simularea sistemelor mecanice cu programul ADAMS sunt prezentate în schema din figura 4 [7].

Tipurile de părți incluse în ADAMS sunt: corpuri rigide, corpuri elastice și corpuri fără masă. Corpurile rigide sunt definite de masă și proprietăți inerțiale. ADAMS conține o bibliotecă de solide elementare (sferă, cilindru, tor ș.a.), din care se pot crea corpuri complexe (solide compozite) prin aplicarea de operații booleene (reunire, extragere, intersecție). Corpuri rigide se pot crea și pornind de la suprafețe plane închise prin adăugarea grosimii (extruziune), respectiv prin rotirea în jurul unor axe centrale (suprafețe de rotație). Totodată, ADAMS permite importul de solide create cu un program CAD (de ex. ProENGINEER, EUCLID, CATIA, AutoCAD), utilizând programul de import - export ADAMS/Exchange și diverse formate specifice de fișier (ex. STEP, IGES ș.a.).

Asupra corpurilor din sistemul mecanic se pot impune condiții inițiale de poziție – orientare, care sunt luate în considerare în procesul de asamblare a sistemului mecanic. Acest proces, denumit și analiza condițiilor inițiale, este foarte util în situația în care nu se cunoaște complet configurația funcțională de modelare (în poziția inițială) a mecanismului.

De exemplu, pentru mecanismul patruleter din figura 5 se cunosc lungimile elementelor și locațiile cuplelor pe corpuri, dar nu și configurația asamblată a mecanismului, cu alte cuvinte coordonatele globale ale punctelor în care sunt plasate cuplele de rotație. Prin asamblare în ADAMS, fără condiții inițiale de poziție & orientare, se obține configurația din figura 5.b, în timp ce pentru configurația din figura 5.c s-a impus corpului 1 să își mențină la asamblare orientarea verticală (unghiul în plan relativ la axa verticală să fie de 0°). Configurația asamblată obținută poate fi salvată ca model separat pentru a fi ulterior utilizată ca poziție inițială în analizele – simulările ce vor urma.

**Fig. 4 Etapele modelării cu softul ADAMS**

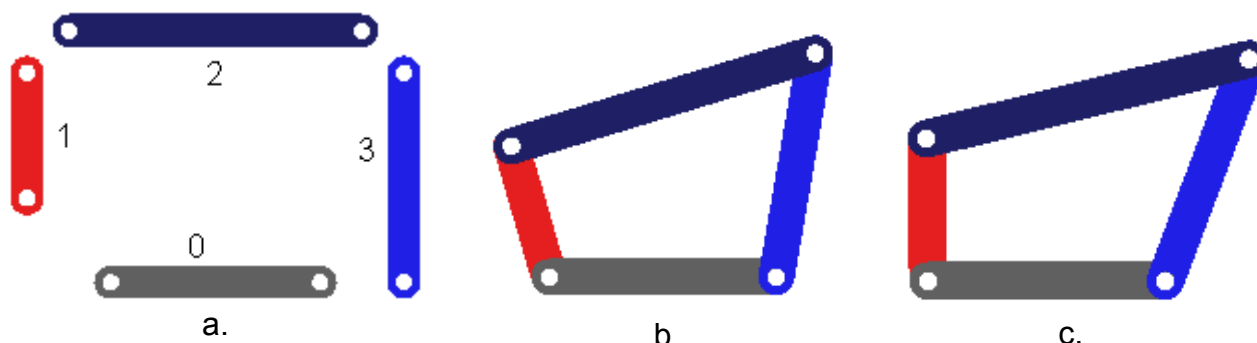


Fig. 5 *Asamblarea părților sistemului mecanic (analiza condițiilor inițiale)*

Pe lângă condițiile de poziție – orientare, se pot impune asupra corpurilor și condiții de viteză inițială (la $t=0$), în mișcarea de rotație sau de translație. În situația în care asupra corpului nu acționează alte constrângeri, ADAMS va utiliza viteza inițială indicată. Dacă în schimb, mișcarea corpului este controlată printr-o restricție cinematică, se va neglija viteza inițială impusă corpului, cu alte cuvinte corpul se va mișca conform cu legea impusă de restricția cinematică (se poate controla, după caz, poziția, viteza sau accelerația liniară / unghiulară a corpului).

Constrângerile din sistemul mecanic pot fi articulații idealizate, restricții primitive în mișcare, mișcări generatoare și contacte. Articulațiile idealizate au un corespondent fizic, precum cupla de rotație, translație sau sferică. Ca restricție primitivă în mișcarea relativă se poate considera, de exemplu, condiția ca un corp să se deplaseze paralel sau perpendicular cu un alt corp, respectiv un punct sau o dreaptă de pe un corp să rămână pe un plan definit pe un alt corp. Mișcările generatoare conduc modelul și sunt aplicate elementelor conducătoare (de regulă, o funcție de timp). Contactele dintre corpuri se specifică prin reacțiunea corpului atunci când vine în contact cu un alt corp, în timpul mișcării modelului (în cazul contactelor, geometria corpurilor este fundamentală). Forțele / momentele care acționează într-un sistem mecanic pot fi forțe / momente aplicate asupra unor părți ale modelului, forțe / momente elastice și de amortizare (ex. arcuri, amortizoare, flexiblocuri) și forțe speciale, cum ar fi cele aerodinamice.

Simularea sistemului mecanic, după conceperea (construcția) modelului, are ca obiectiv identificarea caracteristicilor de performanță și a răspunsului la un set de condiții de operare; aceasta se face cu ajutorul modulului ADAMS/Solver, care formulează și rezolvă automat ecuațiile de mișcare ale modelului. După rezolvare se realizează animarea modelului și se pot afișa diagrame de variație a unor mărimi de interes. Se poate rerula animația, se poate opri pe un cadru din animare, respectiv se poate modifica unghiul “camerei” de vizualizare.

Validarea modelului teoretic se poate face prin compararea rezultatelor obținute cu datele măsurate pe cale experimentală pe sistemul mecanic real. În situația în care apar diferențe între rezultate, se poate ajusta (finisa) modelul teoretic, prin adăugarea frecărilor din model, schimbarea corpurilor rigide cu echivalentele deformabile sau a articulațiilor rigide cu legături flexibile (operația este complexă și necesită date experimentale sigure).

Optimizarea sistemelor mecanice, în ADAMS, constă din parcurgerea următoarelor etape: parametrizarea modelului; definirea variabilelor de proiectare; definirea funcțiilor obiectiv de optimizat; efectuarea studiilor de proiectare pentru identificarea variabilelor de proiectare principale, cu influență semnificativă asupra funcțiilor obiectiv; optimizarea propriu-zisă a sistemului mecanic pe baza variabilelor principale.

Parametrizarea modelului permite simplificarea operațiilor de modificare a obiectelor (corpuri, restricții) din sistem, deoarece ajută la re poziționarea – reorientarea –

redimensionarea automată a obiectelor. Prin parametrizare, în model se creează relații între obiecte, astfel încât atunci când se modifică un obiect, programul corelează (adaptează) automat celelalte obiecte care depind de acesta.

Pentru parametrizarea sistemelor mecanice, în ADAMS, există trei modalități: prin atașarea geometriei corpurilor și a altor locații importante din sistemul mecanic (pentru definirea cuplelor, forțelor ș.a.) la puncte anterior modelate; prin utilizarea expresiilor; prin utilizarea variabilelor de proiectare. Punctele reprezintă cea mai simplă modalitate de a parametriza modelul. Prin intermediul punctelor se pot defini localizări importante în model, pe care se construiesc apoi diverse obiecte (ex. corpuri, articulații). Atunci când poziția unui punct este modificată, obiectele legate de acel punct sunt corectate (corelate) automat.

Studiul de proiectare, denumit și proiectare parametrică, descrie abilitatea de a selecta o variabilă de proiectare (de exemplu, lungimea unei bare sau coordonatele unei articulații), care este apoi "întinsă" într-un domeniu (rang) de valori; în final se simulează comportamentul sistemului mecanic pentru diverse variante. Aceasta permite identificarea sensibilităților de proiectare, cu stabilirea variabilelor care au influență mare asupra comportamentului sistemului. Studiul de optimizare propriu-zisă definește capacitatea de a defini obiectivele de proiectare, variabilele și restricțiile, pe baza cărora ADAMS caută, în mod iterativ, configurația optimă a sistemului mecanic.

Asupra unui sistem mecanic, ADAMS permite toate opțiunile de analiză anterior precizate (v. fig. 1). În plus, se poate efectua și analiză liniară, care constă din liniarizarea ecuațiilor neliniare de mișcare în jurul unui punct de operare particular (de regulă, poziția de echilibru a sistemului), în vederea determinării frecvenței naturale a sistemului și a formelor modale (matricea de stare), și eventual compararea acestora cu valorile obținute prin analiza cu element finit sau prin testări experimentale, în vederea validării modelului virtual. Analiza liniară se poate efectua ca secvență separată, sau după efectuarea unei analize statice sau dinamice.

Sintetizând, procesul de modelare – simulare în ADAMS presupune crearea modelului virtual (părți, constrângeri, elemente elastice și de amortizare, forțe & momente aplicate), utilizând ADAMS/View și, după caz, ADAMS/Exchange /Flex /AutoFlex /Controls ș.a., analiza propriu-zisă, realizată automat de către modulul ADAMS/Solver, și prelucrarea rezultatelor analizei, prin ADAMS/PostProcessor /Animation.

4. CONCLUZII

Prin utilizarea softurilor MBS, exemplu concret ADAMS, având în vedere puterea de calcul și facilitățile pe care acestea le pun la dispoziție, adevărate prototipuri virtuale pot fi create, având în vedere obținerea unor produse care să corespundă funcțional cerințelor mari impuse de piață. Aceasta înseamnă că se poate merge până la modelarea fidelă atât a componentelor sistemului cât și a condițiilor de funcționare ale acestuia, ceea ce permite testarea rapidă a numeroase variante geometrico - constructive, în vederea optimizării sistemului mecanic.

Prototiparea virtuală este aplicată cu deosebit succes în ramuri industriale tradiționale, precum industria de automobile, căi ferate, aerospațială, biomecanică, precum și în domenii de mare viitor, precum dezvoltarea durabilă. În domeniul sistemelor bazate pe energii regenerabile, prototiparea virtuală poate fi utilizată la proiectarea – testarea – optimizarea sistemelor de orientare a panourilor solare termice și fotovoltaice, turbinelor eoliene, instalațiilor pentru depuneri de straturi subțiri ș.a. [3].

De exemplu, în figura 6 este prezentat prototipul virtual, creat cu softul ADAMS, al unui sistem de orientare pentru o instalație complexă de panouri fotovoltaice, dezvoltată la

Universitatea "Transilvania" din Braşov, în cadrulul Centrului de "Design de Produs Integrat pentru Dezvoltare Durabilă". Structura este realizată astfel încât coroana pe care sunt dispuse panourile execută mişcările necesare în vederea urmăririi traiectoriei soarelui - mişcarea diurnă şi respectiv sezonieră [3], fiind antrenată prin motoare pas cu pas şi transmisie cu lanţ. Sistemul de control, prin care se comandă motoarele, este realizat prin utilizarea softurilor licenţiate ADAMS/Controls şi EASY5 [2].

Prin analiza prototipului virtual se determină comportamentul sistemului (mişcări, forţe), date care se iau în considerare la proiectarea modelului fizic (real) al instalaţiei.

Prototipurile virtuale nu sunt realizate din materiale reale, rezultând costuri de realizare mult mai mici decât în cazul prototipurilor fizice. Utilizarea prototipurilor virtuale, în special în fazele precoce de dezvoltare / proiectare a produselor, permite luarea unei decizii de cost eficient şi oferă posibilităţi pentru paralelizare şi globalizare, pentru că prototipurile virtuale nu sunt limitate într-un singur loc, ci pot circula foarte rapid pe reţele locale sau mondiale (ex. INTERNET).

Simularea prototipurilor virtuale permite o intervenţie timpurie, modificarea şi optimizarea comportamentului produsului şi conduce la o creştere a varietăţii de prototipuri. Prin intermediul prototipurilor virtuale pot fi uşor verificate / testate o multitudine de soluţii constructive pentru un anumit produs. În plus, defectele privind fabricarea sau produsul însuşi pot fi detectate în fazele precoce ale dezvoltării produsului şi astfel sunt eliminate fără mari costuri financiare.

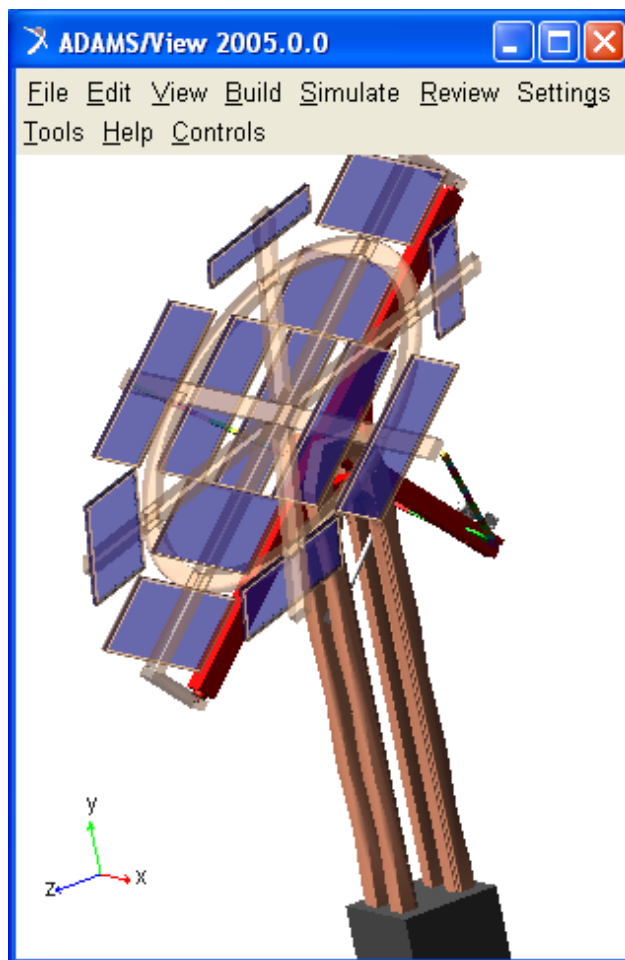


Fig. 6 Prototipul virtual al unui sistem fotovoltaic

Lucrarea a fost realizată în cadrul proiectului de cercetare MEC - CNCSIS, tip A, cod 1321 / 2006.

BIBLIOGRAFIE

1. Alexandru, C. Simularea pe calculator a sistemelor mecanice articulate, Editura Lux Libris, Braşov, 2001.
2. Alexandru, C., Pozna, C. Dinamica sistemelor mecanice pe baza prototipării virtuale, Editura Universităţii "Transilvania", Braşov, 2003.
3. Alexandru, C. Virtual prototyping of mechanical systems used to the renewable energy sources. Proceedings of the First Conference on Sustainable Energy – CSE, Braşov, pag. 69 (Abstract Book), 2005.
4. Haug, E.J. Computer Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems, Allyn and Bacon, 1989.
5. Shabana, A. Dynamics of Multibody Systems, John Wiley and Sons, New York, 1988.
6. Vişa, I., Alexandru, P., Talabă, D., Alexandru, C. Proiectarea funcţională a mecanismelor – Metode clasice şi moderne, Editura Lux Libris Braşov, 2004.
7. *** Getting Started using ADAMS v2005, MSC Software, 2005.