Contents

1 Introducere

În cartografie sau geologie, o hartă topologică este un tip de diagramă care conține doar informații esențiale. Numele este derivat din topologie, o ramură a matematicii care studiază proprietățile unui obiect care nu se schimba dacă obiectul în sine este deformat, prin întindere, îndoire, dar nu și rupere sau lipire. Aceste hărți nu au scară, iar distanța și direcția sunt supuse schimbării și variației, relația dintre puncte esentiale este menținută fiind caracteristica de bază. Un exemplu ar fi harta unui metrou care conține doar date importante precum numele stațiilor și ordinea lor, însa distanța dintre ele nu este întocmai cea din realitate.

Acest concept este aplicat pentru crearea unei diagrame 2D având la baza un model 3D format din mai multe elemente. Modelul 3D este generat de aplicație de simulare Simcenter sub forma unui fisier .mdef care contine doar informații esențiale. Aplicația prezentată în această lucrare are scopul de a vizualiza doar noțiuni semnificative precum relațiile de legatură dintre elemente, și tipul lor. Această aplicație este necesară în cazurile când nu se dorește deschiderea întregului model în aplicație (lucru ce se dovedește ineficient în unele cazuri din punct de vedere al timpului de încărcare), ci doar crearea unei diagrame simple conținând caracteristicile prezentate anterior.

2 Istorie

Topologia, ca și o ramură bine definită a matematicii, își are originiile de la începutul secolului XX, însa au fost descoperite și cazuri izolate în aplicarea acestui concept chiar și cu câteva secole în urmă. Leonhard Euler este considerat ca fiind primul care abordează acest domeniu prin lucrarea sa scrisa în 1736, Cele șapte poduri din Konigsberg, care se referă la crearea unui traseu prin orașul Konigsberg trecând peste fiecare pod o singura dată, lucru ce sa dovedit imposibil.

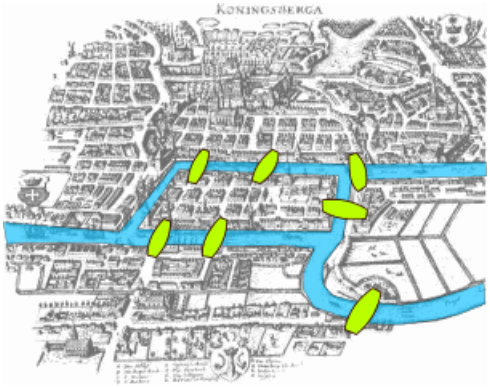


Figure 1: Cele șapte poduri din Konigsberg

La 14 noiembrie 1750, Euler a scris unui prieten că a realizat importanța muchiilor unui poliedru. Aceasta a condus la formula lui poliedrala:

$$V - E + F = 2$$

unde V, E și F indică numărul de vârfuri, muchii și fețe ale poliedrului. Această analiză este considerata drept prima teoremă, semnalizând nașterea topologiei.

Alte contribuții au fost făcute de Augustin-Louis Cauchy, Ludwig Schläfli, Johann Benedict Listing, Bernhard Riemann și Enrico Betti. Listing a introdus termenul "Topologie" în "Vorstudien zur Topologie", scris în limba germană, în 1847.

3 Setul de date

Setul de date este un fișier cu extensia .mdef dar care structura identica cu cea de XML, conține date legate de elemente, și relațiile dintre ele.

4 XML

Extensible Markup Language (XML) este un meta-limbaj de marcare care definește un set de reguli de scriere astfel în cat sa poată fi citit și de oameni dar și de calculator într-un mod eficient. X-ul din XML vine de la eXtensibil, ceea ce înseamnă ca acest limbaj poate fi adaptat și proiectat în funcție de nevoia utilizatorului. Trebuie remarcat faptul ca, în ciuda numelui sau XML în sine nu este un limbaj de marcare, este un set de reguli prin care utilizatorul își poate dezvolta propriul limbaj.

XML este un standard aprobat de W3C pentru documentele de marcare. Acesta oferă o sintaxa generică folosită pentru a marca date din document cu tag-uri, într-un mod flexibil care poate fi adaptat pentru a satisface anumite cerințe din domeniul în care este aplicat.

4.1 Aspecte

1. Descriptiv

   XML oferă utilizatorilor libertatea de a-și crea propriul limbaj de marcare pentru un scop specific. Astfel se pot crea un număr nelimitat de limbaje pentru a satisface o anumita necesitate.

2. Meta-date

   Meta-datele se refera la "date care descriu date". Acest lucru este esențial deoarece degeaba avem date dacă nu știm cum sa le interpretam. XML are o metoda standard și sintaxa pentru a expune atât datele cat și meta-datele. De exemplu pentru <country>Romania</country>, "country" reprezinta mete-data, iar "Romania" este data în sine. Astfel putem aveam mai multe date atribuite aceleiași meta-date:
   <country>Romania</country>
   <country>France</country>

3. Portabilitate

   XML oferă potențialul de partajare a datelor pe diferite platforme. Scopul de baza din spatele XML este scrierea documentelor într-un mod care poate fi transmis de la un mediu la altul păstrând integritatea datelor. Acest lucru este facilitat prin faptul ca documentele XML sunt text și astfel orice instrument ce poate citi un document text poate interpreta un document XML.

4. Structura neambigua

Chiar dacă XML este flexibil în definirea elementelor este strict în alte aspecte, iar utilizatorii trebuie sa urmeze un set de reguli predefinite. Aceste reguli restricționează modul în care un document este scris astfel încât sa nu exista ambiguitate în interpretarea numelor, ordinii elementelor sau ierarhiei de elemente. Astfel se minimizează eventuale erori ce pot apărea și complexitatea textului, iar parser-i de XML pot interpreta datele cu ușurința fără apariția de erori pe parcurs.

Utilizatorii sunt, de asemenea, liberi să creeze reguli privind modul în care ar trebui să arate documentele. Definirea tipului de document (DTD) și schemele XML sunt instrumentele care ajută la acest proces.

4.2 Terminologie

1. Caracter - un document XML este format din string-urui de caractere. Aproape orice caracter unicode poate apărea într-un document.

2. Marcaj - documentul este împărțit în marcaje și conținut care pot fi observate după reguli sintactice. In general textul care formează în marcaj începe cu caracterul "<" și se termina cu ">".

3. Tag - reprezinta un marcaj si poate fi :

- de inceput : <sectiune>
- de sfarsit : </sectiune>
- fara continut : <line-break/>

4. Element - este o componenta a documentului care începe cu un tag de început și se termina cu un tag de sfârșit corespunzător. Datele intre tag-uri constituie conținutul elementul care poate cuprinde și alte elemente.
ex:<greeting>Hello, world!</greeting>

5. Atribut - un atribut consta într-o pereche de tip nume-valoare care se poate afla într-un tag de început sau într-un tag fără conținut.
Un exemplu este , unde numele atributului este "src" iar valoare este "imagine.jpg". Un atribut poate avea o singura valoare și poate apărea cel mult o data în tag-ul unui element.

6. XML prolog - Un prolog este linia inițiala într-un document XML. Conține de obicei versiunea de XML și tipul de encoding.
De exemplu: <?xml version="1.0" encoding="UTF-8">

7. Arborele XML Structura unui document XML poate fi considera ca fiind un arbore. Documentul începe cu o rădăcina și se ramifica în mai multe frunze. Elementul rădăcina conține toate elementele documentului și nu are părinte, ca restul elementelor.

4.3 Aplicare

Aplicația lucrează cu trei tipuri de elemente: Motion body, Joint, Connector. Motion body-urile sunt obiecte care sunt conectate intre ele fie cu joint-uri fie cu connector-i. Joint reprezinta un punct fix intre doi motion body, iar connector este o legătura.(?)

5 Proiecția ortografică

Proiecția ortografica (sau proiecția ortogonala) este o modalitate de a reprezenta un model tridimensional într-un spațiu bidimensional. Este o forma de proiecție paralela, în care toate liniile de proiecție sunt ortogonale cu planul de proiecție.

Termenul ortografic este uneori rezervat în mod specific pentru reprezentări ale obiectelor în care axele principale sau planurile obiectului sunt de asemenea paralele cu planul de proiecție, dar acestea sunt mai bine cunoscute ca proiecții multiview. Mai mult, atunci când planurile sau axele principale ale unui obiect într-o proiecție ortografică nu sunt paralele cu planul de proiecție, dar sunt înclinate mai degrabă pentru a descoperi mai multe laturi ale obiectului, proiecția se numește o proiecție axonometrică. Subtipurile de proiecție multiview includ planuri, elevații și secțiuni. Subtipurile de proiecții axonometrice includ proiecții izometrice, dimetrice și trimetrice.

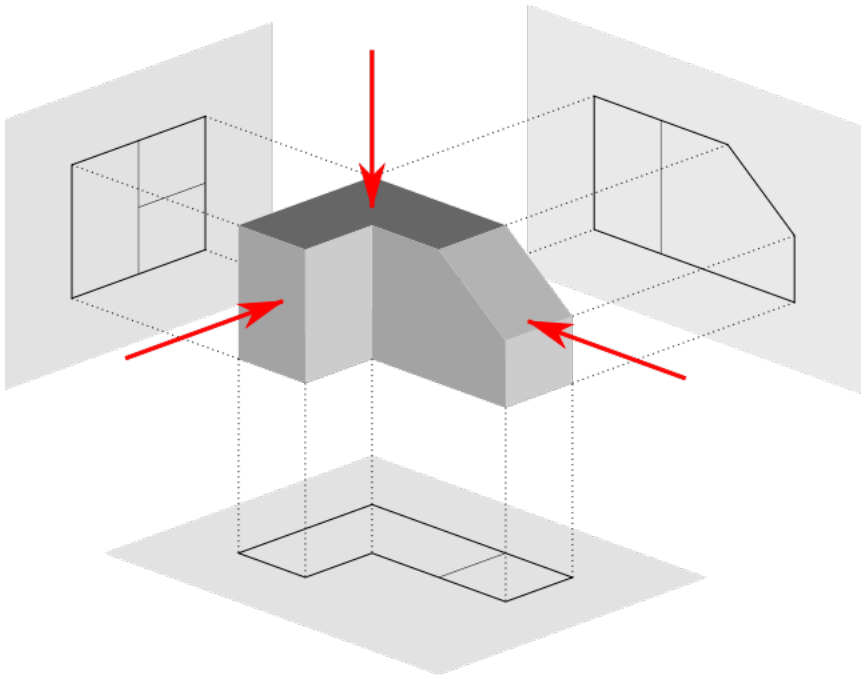


Figure 2: Proiecția ortografică a unui corp

O proiecte ortografica simpla, pe planul $z = 0$ poate fi definita de urmatoarea matrice:

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Pentru fiecare punct $v = (v_x, v_y, v_z)$, punctul transformat ar fi:

$$P_v = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ 0 \end{bmatrix}$$

5.1 Aplicare

Acest concept a fost aplicat pentru reprezentarea elementelor care formeaza intregrul model 3D. Setul de date nu contine dimensiunile exacte ale elementelor ci doar punctele de legare cu late elemente si centrul de greutate. Prin calcularea punctelor simetrice ale punctelor de legare la centrul de greutate și prin incadrarea unui dreptunghi in jurul lor obtinem forma care v-a reprezenta elementul in sine.

Aplicația conține trei moduri de afișare a modelului, fiecare perspectivă folosind coordonatele (x, y, z) din setul de date eliminand una din ele pentru reprezentarea in 2D:

- Perspectva de deasupra, folosind (x, y)
- Perspectva laterală, folosind (x, z)
- Perspectva frontala, folsind (y, z)

6 Grafica turtle

Este o modalitate de desenare care se bazează pe câteva rutine simple. Ne putem imagina ca fiind un cursor care desenează linii drepte într-un plan cartezian. Cursorul are trei atribute: o locație, o orientare (sau o direcție) și un pix. Pixul are de asemenea, atribute: culoare, lățime și stare(desenare / inchis).

Cursorul se muta cu comenzi care sunt relative la poziția sa, cum ar fi "înainte 10 pixeli" și "rotiți cu 90 de grade". Pixul purtat de cursor poate fi de asemenea controlat, având posibilitatea de a ii schimba culoarea sau lățimea.

Un sistem complet de grafica necesita un flux de control, proceduri si recursivitate. Din aceste metode se pot construi forme mai complexe, cum ar fi pătrate, triunghiuri, cercuri și alte figuri compuse. Ideea de grafica turtle, de exemplu, este utilă într-un sistem Lindenmayer pentru generarea de fractali.

Geometria graficii turtle funcționează oarecum diferit față de geometria carteziană, fiind bazată în primul rând pe noțiunea de vector (direcția relativă și distanța față de punctul de pornire).

6.1 Aplicare

```
class Turtle
{
public:
    Turtle(double x, double y, double dir);
    void rotate(double angle);
    void forward(double length, bool draw = true);
    Path getPath()const;
private:
    double x,y,dir;
    Path path;
};
```

De exemplu pentru a desena un triunghi echilateral cu lungimea laturilor de 100 de unitati.

```
forward(100);
rotate(PI/3);
forward(100);
rotate(PI/3);
forward(100)
```

Fiecare comanda schimba starea Turtle-ului si a traseului desenat. Cele trei comenzi de forward desenează laturile triunghiului de lungime 100, adăugând latura la traseul total parcurs. Comenzile de rotate schimba direcția de desenare cu $60°$[1]. Dupa ultima comand de forward pixul se afla în punctul inițial de desenare, dar datorita lipsei unei comenzi rotate de $60°$, direcția de desenare este diferită de cea inițiala.

Folosind structuri repetitive putem abstractiza metoda de desenare. De exemplu pentru desenarea unui poligon regulat convex:

```
polygon(nrOfEdges){
for(i=1;i<nrOfEdges;i++):
    forward(2*PI/nrOfEdges);
    rotate(2*PI/nrOfEdges);
}
```

Pentru `nrOfEdges=3` avem din nou un triunghi echilateral, pentru `nrOfEdges=4` avem un pătrat, și asa mai departe. Folosind un `nrOfEdges` destul de mare, lungimea laturii scade si putem ajunge la o forma care într-un spațiu discret este similara cu un cerc.

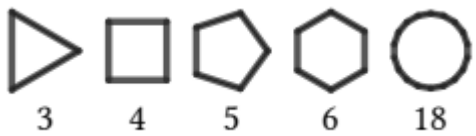
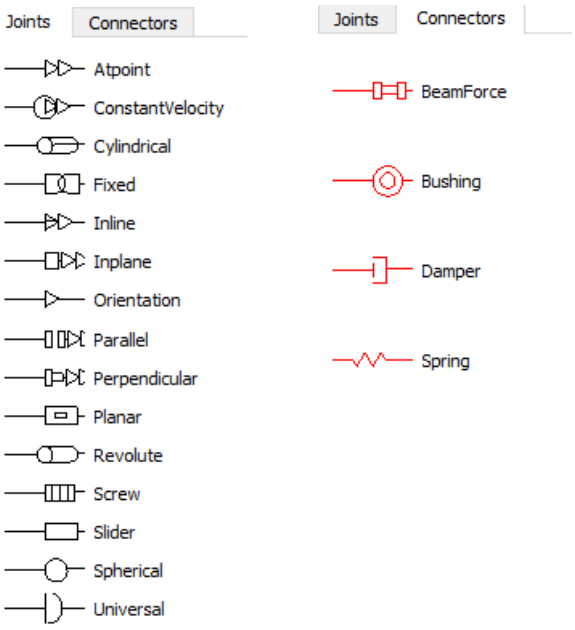


Figure 3: Desenarea unei forme similare cu un cerc

Extinzând aceste metode elementare de desenare putem ajunge la modalități de desenare pentru simboluri mai complexe formate din forme geometrice

[1] in exemplul pentru desenare am folosit PI ca reprezentand $180°$, astfel $180° \div 3 = 60°$

simple. (ex desenarea proiecției unui cilindru într-un plan 2D).



(a) Joints (b) Connectors

Figure 4: Simbolurile desenate prin turtle graphics pentru fiecare tip de connector sau joint

Pentru imeplementarea mea a acestui concept am adaugat funcțiile save() și load() pentru a eficientiza procesul de desenare. Funcția save() salveaza starea curentă a clasei, și anume coordonatele x,y și direcția în acel moment. Astfel daca vrem să ne întoarcem într-un punct precedent nu mai este nevoie sa facem pașii necesari sa ne întoarcem in acel punct, ci putem apela direct functia load().

Secventa de cod corespunzatoare implementării structurii de stare:

```
struct State
{
    State(double x, double y, double dir)
    double m_x;
    double m_y;
```

```
    double m_dir;
};
```

Clasa adaptata:

```
class Turtle
{
public:
    Turtle(double x, double y, double dir);
    Turtle(QPointF start, double dir);
    void rotate(double angle);
    void forward(double length, bool draw = true);

    void save();
    void load();

    QPainterPath getPath()const;
private:
    QPainterPath m_path;
    State m_current;
    State m_saved;
};
```

7 Graf

Foarte multe probleme pot fi descrise printr-o diagrama formata dintr-un set de puncte și linii care conecteaza anumite perechi de puncte. De exemplu, punctele pot reprezenta o multime de persoane, iar liniile dintre ele relatii de rudenie, sau punctele pot centre de comunicare iar liniile fiind legăturile dintre ele. Se poate observa ca in astfel de diagrame importanta este pusa pe modul in care sunt conectate acele puncte, aspectul fiind nesemnificativ. O abstractie matematica a situatilor de acest tip este conceptul de graf.

Un graf este o structură formată din obiecte în care sunt puse în evidență legăturile dintre ele. Obiectele corespund unor abstracții matematice numite, într-un graf, noduri/vârfuri (puncte) și fiecare legătură dintre perechile de obiecte asociate se numește muchie (arc sau linie). De obicei, un graf este reprezentat în formă schematică ca un set/grup de puncte care reprezintă nodurile, iar aceste sunt unite două câte două de linii sau curbe care corespund mulțimii muchiilor. Muchiile pot fi orientate/directe sau neorientate/indirecte.

Grafurile sunt numite astfel datorită reprezentării grafice, și datorită acestei reprezentări putem înțelege proprietățile lor mult mai ușor. Nu există un mod unic de desenare a unui graf; pozițiile relative ale punctelor care reprezintă nodurile si ale liniilor care reprezintă muchiile nu au importanță.

Din punct de vedere matematic un graf G este un triplet ordonat $(V(G), E(E), \psi_g)$ care conține un set nevid $V(G)$ de noduri, un set $E(G)$, disjunct de $V(G)$, de muchii și o funcție de incidență ψ_G care asociază fiecarei muchii din G o pereche neordonata (dar nu neaparat distinctă) de noduri din G. Dacă e este o muchie și avem nodurile u și v astfel încât $\psi_G(e) = uv$, atunci se spune că e unește u și v; nodurile u și v sunt numite capetele lui e.

Majoritatea definițiilor și conceptelor în teoria grafurilor sunt sugerate de reprezentarea grafică. Capetele unei muchii sunt incidente cu muchia, si vice versa. Doua noduri care sunt incidente cu o muchie comună sunt adiacente, la fel pentru doua muchii care sunt incidente cu un nod comun. O muchie cu capete identice se numeste bucla.

Un graf este finit dacă ambele seturi, cel de noduri și cel de muchii, sunt finite. Totodata un graf cu un singur nod se numește trivial, iar restul grafurilor

netriviale. Un graf este simplu dacă nu are bucle și nu există doua muchii care unesc aceleași două noduri.

Doua noduri u și v sunt conexe daca exista un drum (u, v) in G, adică o secvența de noduri unice legate prin muchii care începe cu u și se termină cu v. Conectivitatea este o relație de chivalență pe setul de noduri V. Astfel există o partiționare a lui V un subseturi nevide $V_1, V_2, ...V_n$ astfel încăt nodurile u și v sunt conexe dacă și numai daca sunt din același set V_i. Subgrafurile $G[V_1], G[V_2], ..., G[V_n]$ se numesc componente ale lui G. Dacă G are o singură componentă, atunci G este conex, altfel este neconex.

Ordinul unui graf reprezinta numărul de noduri, notat cu $|V|$. Mărimea unui graf este numărul de muchii $|E|$. Gradul unui nod este numărul de muchii care sunt incidente cu el. Într-un graf de ordin n, gradul maxim al oricărui nod este de $n - 1$, iar numărul maxim de muchii este $n(n - 1)/2$.

7.1 Multigraf

Un multigraf este o generalizare în care oricare doua noduri pot avea mai multe muchii între ele. Acele muchii sunt numite și muchii paralele sau muchii multiple. Exista doua noțiuni distincte despre muchii paralele:

- Muchii fără identitate: identitatea unei muchii ține de cele doua noduri de care aparține. În unele cazuri nevoia de a distinge muchii multiple dintre doua noduri poate lipsi, iar acele muchii sunt considerate ca o singura entitate.

- Muchii cu identitate: în acest caz fiecare muchie este considerată ca fiind o primitiva, la fel ca nodurile, iar în cazul în care intre doua noduri exista mai multe muchii, fiecare dintre ele este considerata fiind o entitate distinctă.

Definiție matematică:

- Multigraf neorientat, cu muchii fara identitate: $G = (V, E)$ unde:

- V este un set de noduri
- E este un multiset de perechi de noduri, numite muchii.

- Multigraf neorientat, cu muchii cu identitate: $G = (V, E, r)$, unde:
  - V este un set de noduri
  - E este un set de muchii
  - $r : E \to \{\{x, y\} : x, y \in V\}$

7.2 Graf planar

Un graf planar este un graf care poate fi încorporat într-un plan, adică un graf care poate fi desenat astfel încât marginile sale sa se intersecteze doar în noduri. Cu alte cuvinte, muchiile grafului sa nu se suprapună.

Matematicianul polonez Kazimierz Kuratowski a caractetizat idea de graf planar prin următoarea teoremă:

Un graf finit este planar dacă și numai dacă nu conține un subgraf care este o subdiviziune a grafului complet K_5 sau a grafului complet bipartit $K_{3,3}$. O subdiviziune a unui graf rezulta din inserarea a oricâte noduri într-o muchie.

O alta modalitate de a descrie un graf planar este prin teorema lui Wagner, exprimată în legătura cu noțiunea de graf minor:

Un graf finit este planar dacă și numai dacă nu conține grafurile K_5 sau $K_{3,3}$ ca graf minor. Un minor al unui graf rezulta prin contractarea unei muchii într-un nod, fiecare vecin al nodului original devenind vecin cu nodul nou.

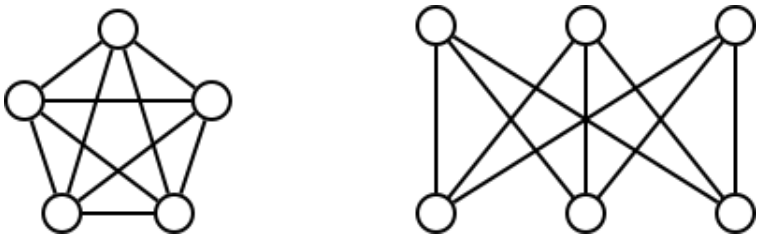


Figure 5: Grafurile K_5 si $K_{3,3}$

Alte criterii de planaritate:
In practica este dificil sa folosim teorema lui Kuratowski pentru a decide într-un mod eficient dacă un graf este planar sau nu. Exista și alți algoritmi pentru rezolvarea acestei probleme, pentru un graf cu n noduri cu o complexitate de $O(n)$.

Un graf simplu cu $v >= 3$ noduri, e muchii și f fețe, trebuie sa îndeplinească următoarele condiții pentru a fi planar:

- $e <= 3v - 6$
- dacă nu sunt cicluri de lungime 3, atunci $e <= 2v - 4$
- $f <= 2v - 4$

Formula lui Euler:
Formula lui Euler afirmă că dacă un graf planar, finit, conectat, este desenat într-un plan și v este numărul de vârfuri, e este numărul de muchii și f este numărul de fețe (regiuni marcate de muchii , inclusiv regiunea exterioară, infinit de mare)

$$v - e + f = 2$$

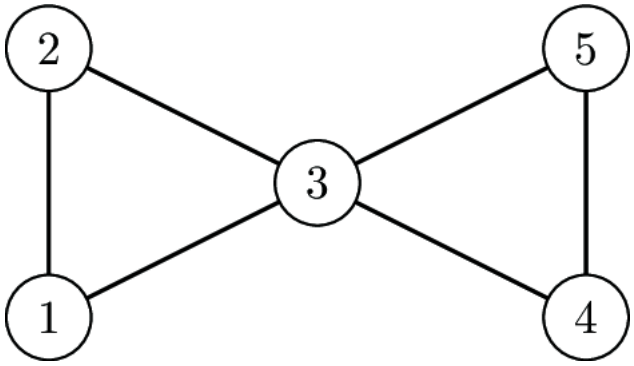


Figure 6: Graf fluture

Ca o ilustrare, în graful fluture dat mai sus, $v = 5$, $e = 6$ și $f = 3$. În general, dacă proprietatea este valida pentru toate grafurile planare cu f fețe, orice modificare a grafului care ar crea o față suplimentară, graful fiind în continuare planar ar fi și $v - e + f$ invariant. Din moment ce proprietatea este valid pentru toate grafurile cu $f = 2$, prin inducție matematică este valabilă pentru toate cazurile. Formula lui Euler poate fi demonstrata și în modul următor: dacă graful nu este un arbore, șterge o muchie care completează un ciclu. Astfel scade atât e, cât și f cu unul, lăsând $v - e + f$ constantă. Repetați până când graficul rămas este un arbore; copacii au $v = e+1$ și $f = 1$, producând $v-e+f = 2$.

7.3 Aplicare

Grafurile pot fi folosite pentru modelarea relațiilor și proceselor într-un sistem fizic, biologic, social sau informatic. Multe probleme practice pot fi reprezentate prin grafuri. In domeniul informaticii grafurile pot fi folosite pentru a reprezenta rețele de comunicare, organizarea datelor, dispozitive computerizate, fluxul de calcul, etc. De exemplu și un site web poate fi reprezentat printr-un graf, paginile web fiind nodurile iar legăturile dintre ele, link-urile, fiind muchiile. O abordare similara poate fi proiectate pentru multe alte domenii, precum ingineria mecanica unde putem exprima relațiile dintre mai multe elemente mecanice printr-un graf. Dezvoltarea algoritmilor pentru a gestiona grafuri este, prin urmare, de interes major în domeniul informaticii.

8 Algortimi force-directed de desenare a grafurilor

Este o categorie de algoritmi de desenare a grafurilor într-un mod plăcut din punct de vedere estetic. Printr-un asftle de algoritm se positioneaza nodurile grafului într-un spațiu bidimensional sau tridimensional astfel încât lungimea muchiilor este mai mult sau mai puțin egală iar în structura grafului există un număr minim de suprapuneri intre muchii, iar în cazuri favorabile nici o suprapunere. Desenarea grafurilor poate fi o problema grea de abordat dar prin algoritmii de desenare force-directed, se exclud noțiuni ce țin de planaritatea grafurilor, întreaga operație de desenare fiind mai degrabă o simulare cu aspecte ce se regăsesc în fizică.

Prin asignarea anumitor foțe setului de noduri și setului de muchii din graf acestea fie se apropie fie se depărtează după fiecare iterație a algoritmului, scopul algoritmului fiind de a minimiza deplasarea nodurilor sau a muchiilor pana când se ajunge la o stare de echilibru. De obicei forțe elastice bazate pe legea lui Hooke sunt atribuite nodurilor unei muchii pentru ca acestea sa se atragă, în schimb ce simultan forte de repulsie, similare cu cele a particulelor cu sarcina electrică bazate pe legea lui Coulomb, sunt folosite pentru a crea o repulsie între nodurile grafului. In stările de echilibru al acestui sistem de forte, muchiile nodurilor care au un parinte comun au de obicei lungimea aproape egala (datorita forței elastice de atracție), iar nodurile care nu sunt conectare printr-o muchie se resping intre ele (datorita forței de repulsie). Fortele de atracție și repulsie pot fi definite și prin funcții care nu sunt bazate pe legile fizice ale elasticității sau sarcinii electrice, de exemplu unele sisteme pot folosi funcții de atracție logaritmice în loc de funcții liniare.

O forță similară cu cea a gravitații poate fi folosită pentru a atrage nodurile către un punct fix în planul de desenare, astfel pentru un graf cu mai multe componente conexe acestea vor sta relativ în aceeași zonă și nu se vor mai depărta constant una de cealaltă datorita forței continue de repulsie și a lipsei de atracție intre ele. Forțe similare cu cele magnetice pot fi aplicate într-un sistem, atât pe noduri cât și pe muchii în sine pentru a evita suprapunerea muchiilor în întreaga simulare.

8.1 Aplicare

Odată ce forțele au fost atribuite nodurilor sau muchiilor dintr-un graf întregul comportament al elementelor este simulat ca într-un sistem fizic unde nodurile se deplasează la fiecare iterație. Acest proces este repetat iterativ pana când se ajunge la o stare de echilibru mecanic, adică pozițiile relative ale elementelor nu se mai schimba de la o iterație la alta. Structura finala după întregul proces este folosită pentru a reprezenta graful ce trebuie desenat.

Este posibilă și adăugarea unui mecanism de calculare a stării de echilibru pe lângă simularea fizică, acestea fiind metode de optimizare globala precum algoritmi genetici.

8.2 Avantaje

- Rezultate calitative

  Pentru grafuri de mărimi medii (50-500) de noduri de multe ori rezultatul aplicării unui algoritm force-directed este unul bun și inteligibil din perspectiva omului. Rezultatul fiind catalogat după următoarele criterii:

  - lungimea uniforma a muchiilor
  - distribuirea uniforma a nodurilor
  - numar de supirapuneri minim
  - simetrie

  Simetria este un criteriu greu de îndeplinit și depinde de structura interna a grafului.

- Flexibilitate

  Algoritmul ales poate fi adaptat pentru a îndeplinii criterii adiționale de desenare. Exemple de extensibilitate are fi desenarea de:

  - grafuri orientate
  - grafuri 3D
  - grafuri împărțite în clustere
  - multigrafuri

- grafuri ponderate

- Intuitivitate

  Având la baza analogii din fizica, precum elasticitatea, comportamentul algoritmului este ușor de prezis și înțeles.

- Simplitate

  De obicei astfel de algoritmi sunt ușor de implementat, sau au fost deja implementati in anumite biblioteci.

- Interactivitate

  Prin desenarea unor stagii intermediare a grafului pe care este aplicat algoritmul, utilizatorul poate urmării evoluția procesului, observând cum se dezvolta dintr-o structura încurcata cu multe suprapuneri de muchii, într-un graf echilibrat și ușor de urmărit.

- Fundatie teoretica

  Inca din anii 1960 metode de desenare ale grafurilor au fost cercetate, o prima implementare fiind făcuta prin algoritmul lui Tutte în anul 1963 folosind o reprezentare baricentrică (prin care se se seteaza un grup de noduri de baza în jurul cărora celelalte noduri vor fi plasate), folosind doar forte de atracție. In următorii ani alte metode de desenare au fost create de către Eades(1984), Fruchterman și Reingold (1991), Kamada și Kawai (1989).

8.3 Dezavantaje

- Timp de rulare mare

  De obicei complexitatea unui algoritm de desenare force-directed este $O(n^3)$, unde n este numărul de noduri din graf. Acest lucru rezulta deoarece numărul iterațiilor este estimat ca fiind $O(n)$ iar pentru fiecare iterație fiecare pereche de noduri trebuie vizitata pentru calcularea forței de repulsie mutuale.

- Minim local

  Prin algoritmii force-directed se ajunge la o structura în care nodurile se afla într-o stare de echilibru, întreg procesul poate fi consideratca ca fiind rezolvarea unei probleme de optimizare. De cele mai multe ori starea

rezultata se poate afla într-un minim local al funcție ce trebuie optimizate, dar care nu coincide neapărat cu un minim global. Întreg procesul depinde de starea inițială a nodurilor care este aleasa aleatoriu. Aceasta problema creste odată cu numărul de noduri din graf. O modalitate de rezolvare ar fi combinarea a mai multor algoritmi force-directed pentru obținerea unui rezultat mai bun. De exemplu folosirea algoritmului Kamada–Kawai pentru crearea unei așezări în plan inițiale, iar apoi îmbunătățirea structurii cu ajutorul algoritmului Fruchterman–Reingold.

8.4 Metode de desenare

8.4.1 Metoda baricentrică

Metoda baricentrică de desenare a lui Tutte din 1963 este considerată prima versiune a unui algoritm force-directed pentru obținerea unei structuri cu muchii drepte, fără suprapuneri pentru un graf planar 3-conex. In comparație cu alte metode de desenare această varianta garantează ca fețele grafului planar sunt convexe. Idea în spatele algoritmului consta în faptul ca dacă o față a grafului planar este fixată în plan, atunci pozițiile potrivite a celorlalte noduri sunt găsite rezolvând un set de ecuații liniare, unde fiecare poziția a unui nod este reprezentata ca o combinație convexa a pozițiilor nodurilor vecine lui. In acest model forța unei muchii (u, v) este direct proporțională cu distanta dintre nodul u și v in plan. Astfel forța la un nod v este descrisa prin

$$F(v) = \sum_{(u,v)\in E} p_u - p_v$$

unde p_u și p_v sunt pozițiile nodurilor. Deoarece aceasta funcție are un minim cu toate nodurile așezate în aceeași locație, setul de noduri trebuie împărțit în noduri fixe și noduri libere, care pot fi deplasate.

Algorithm 1 Metoda baricentrică de desenare

Input: $G = (V, E)$;
partiționarea lui V intr-un set V_0 cu cel puțin 3 noduri fixe și un set V_1 cu noduri libere, $V = V_0 \cup V_1$;
un poligon convex P cu $|V_0|$ vârfuri.

Output: o poziție p_v pentru fiecare nod din V astfel încat nodurile fixe formeaza un poligon.

1: Plaseaza fiecare nod $u \in V_0$ la un varf al lui P, și fiecare nod liber în origine
2: repeat
3: for each $v \in V_1$ do
4: $x_v = \frac{1}{deg(v)} \sum_{(u,v)\in E} x_u$
5: $y_v = \frac{1}{deg(v)} \sum_{(u,v)\in E} y_u$
6: end for
7: until x_v și y_v converg pentru toate nodurile libere v

8.4.2 Algoritmul Fruchterman–Reingold

Algoritmul Fruchterman-Reingold de desenare a grafurilor introduce noțiunea de temperatură. Această variabilă are o valoare setată la început iar ea scade la fiecare iterație pana la 0. Temperatura controlează deplasarea nodurilor iar cu cât ne apropiem de un minim, cu atât temperatura v-a fi mai mică pentru a nu schimba cu mult rezultatul.

Algorithm 2 Fruchterman si Reingold

$arie = W * L$; W si L sunt latimea si lungimea suprafeței de desenare
$G = (V, E)$; nodurile au poziții inițiale aleatorii
$k = \sqrt{arie/|V|}$
$f_a(x) = x^2/k$
$f_r(x) = k^2/x$

for $i = 1$ to $iteratii$ do
    calcularea forțelor de repulsie
    for each $v \in V$ do
        fiecare nod are doi vectori pos și $disp$
        $v.disp = 0$
        for each $u \in V$ do
            if $u \neq v$ then
                δ este vectorul diferență dintre pozițiile celor doua noduri
                $\delta = v.pos - u.pos$
                $v.disp = v.disp + (\delta/|\delta|) * f_r(|\delta|)$
            end if
        end for
    end for
    calcularea forțelor de atracție
    for each $e \in E$ do
        fiecare muchie este o perche de noduri u și v
        $\delta = e.v.pos - e.u.pos$
        $e.v.disp = e.v.disp - (\delta/|\delta|) * f_a(|\delta|)$
        $e.u.disp = e.u.disp + (\delta/|\delta|) * f_a(|\delta|)$
    end for
    deplasarea maxima se limitează în funcție de temperatura t
    for each $v \in V$ do
        $v.pos = v.pos + (v.disp/|v.disp|) * min(v.disp, t)$
        $v.pos.x = min(W/2, max(-W/2, v.pos.x))$
        $v.pos.y = min(L/2, max(-L/2, v.pos.y))$
    end for
    reducerea temperaturii
    $t = cool(t)$
end for

9 Tehnologii folosite

9.1 C++

C++ este un limbaj de programare creat de Bjarne Stroustrup ca o extensie a limbajului C, inițial fiind numit "C cu clase". Limbajul s-a extins semnificativ, C++ modern având caracteristici orientate pe obiect, de programare generica și funcțională precum și accesul la manipularea memoriei. Este de obicei implementat ca limbaj compilat, iar mulți furnizori oferă compilatoare C ++, inclusiv LME, LLVM, Microsoft, Intel și IBM, astfel încât limbajul sa poată fi compilat pe mai multe platforme.

A fost conceput cu o înclinare către programarea sistemelor și programarea embeded, pentru software limitat de resurse și sisteme mari, punând în prim plan performanța, eficiența și flexibilitatea ca și caracteristici esențiale ale limbajului. C++ s-a dovedit fiind util și în alte contexte precum aplicații desktop, servere, centrale telefonice.

C++ este standardizat de către Organizația Internațională pentru Standardizare (ISO), cu cea mai recentă versiune standard publicată de ISO în decembrie 2017 ca ISO / IEC 14882: 2017 (informal cunoscut sub numele de C++17). Înainte de standardizarea inițială din 1998, C++ a fost dezvoltat de Bjarne Stroustrup la Bell Labs din 1979, ca extensie a limbajului C; el dorea un limbaj eficient și flexibil similar C, care să ofere și caracteristici de nivel înalt pentru organizarea programelor.

9.2 Qt

Qt este un toolkit open-source și gratis folosit la crearea de interfețe grafice pentru aplicații cross-platform care pot fi rulate pe diverse platforme hardware si software precum Linux, Windows, macOS, Adroid sau sisteme embeded, cu puține sau fară schimbari in codul de baza dar păstrând funcționalitățile native. Qt este momentan dezvoltat de The Qt Company sub Qt Project prin guvernare open-source, în care sunt implicate mai multe organizații și dezvoltatori individuali cu scopul de aduce noi funcționalități librăriei Qt.

Majoritatea programelor GUI dezvoltate cu Qt au o interfață nativa similara cu cea a sistemului pe care este rulat. Aplicații precum unelte ce pot fi rulate din linia de comandă sau console pentru servere, fără interfață grafica pot fi dezvoltate în Qt. Un exemplu fiind framework-ul web Cutelyst.

Qt suportă diverse compilere precum GCC C++ și MSVC de la Visual Studio. Qt conține și Qt Quick, care include propriul limbaj de scriptare numit QML, care a facilitat dezvoltarea rapida a aplicațiilor mobile păstrând opțiunea de a scrie logică în C++ pentru cele mai bune rezultate în legătura cu performanta.

Alte funcționalități includ acces la baze de date prin SQL, cititor de XML, cititor de JSON, managementul thread-urilor.

Qt este construit pe aceste concepte:

- Abstractizarea interfeței grafice

  La început Qt folosea propriul engine de desenare pentru a emula aspectul diferitelor platforme de pe care rula. Astfel doar câteva clase depindeau de platforma făcând portarea mult mai ușoară, însa emularea nu era mereu perfecta. Versiunile mai noi de Qt folosesc API-uri native de pe platforma de rulare, pentru a rezolva problemele din trecut.

- Signals si slots

  Este un concept introdus în Qt pentru comunicarea între obiecte, având la baza conceptul șablonului de proiectare observer evitând cod boilerplate. Obiectele ce țin GUI pot transmite semnale ce conțin informații relative la un eveniment care pot fi captate de alte obiecte care conțin socluri.

- Compilator de metaobiecte

  Numit și moc, este o unealta care rulează pe codul unei aplicații Qt. Interpretează anumite macro-uri scrise în codul sursa C++ și le folosește pentru a genera cod C++ cu ajutorul unor informații legate de clasele din aplicație. Acest concept este folosit pentru a adăuga funcționalitati care nu sunt prezente nativ în limbajul C++: semnale și socluri, introspecție, apelări asincrone de funcții.

- Legături intre limbaje

Qt poate fi folosit și de alte limbaje precum Python, Javascript, C# sau Rust.

9.2.1 Graphics view framework

Graphics View pune la disoziție un mediu în care se pot controla și se poate interacționa cu un număr mare de elemente grafice 2D. Framework-ul include și o arhitectura de propagarea a evenimentelor care facilitează interacțiunea cu elementele din scena. Elementele suporta evenimente legate de taste, mișcarea mouse-ul, evenimente de dublu click, etc.

Graphics View folosește un arbore BSP (Binary Space Partitioning) care oferă o accesare rapida la oricare element, astfel se poate vizualiza și interacționa cu scene cu milioane de elemente grafice în timp real.

Graphics View furnizează o abordare bazate pe elemente a programării model-view. Mai multe view-uri pot observa o scena, iar scena conține elementele grafice compuse dintr-o varietate de forme geometrice.

- Scena

  Clasa QGraphicsScene oferă următoarele funcționalități:

  - O interfață pentru controlarea unui număr mare de elemente grafice.
  - Propagarea evenimentelor din exterior către elemente.
  - Setarea stării unui elemente, ex: selectie, focus.

  Scena reprezinta un container pentru obiecte de tip `QGraphicsScene`. Elementele sunt adăugate prin funcția `QGraphicsScene::addItem()`, iar apoi pot fi accesate folosind una din multele funcții de returnare.Functia `QGraphicsScene::items()` și supraincarcariile ei, returnează toate elementele grafice care se intersectează sau care sunt conținute de un punct, un dreptunghi, un poligon sau un vector. `QGraphicsScene::itemAt()` returnează elementul de la cel mai înalt nivel de suprapunere într-un anumit punct. Toate funcțiile returnează elementele într-o ordine descendenta în legătura cu eventuale suprapuneri.

```
QGraphicsScene scene;
QRectF rectangle(0, 0, 100, 100);
QGraphicsRectItem *rectItem = scene.addRect(rectangle);
QGraphicsItem *item = scene.itemAt(50, 50);
```

Arhitectura de propagare a evenimentelor a clasei QGraphicsScene asigura transmiterea evenimentelor către elemente dar și propagarea evenimentelor intre ele. Daca scene primește un eveniment legat de mouse la o anumita poziție, scena transmite mai departe evenimentul către toate elementele care se afla în acel punct.

Scena totodată poate controla starea elementelor, de exemplu dacă elementele sunt selectate, sau sunt în focus relativ cu evenimente de la tastatura. Mai multe elemente pot fi selectate folosind `QGraphicsScene::setSelectionArea()`. Pentru a accesa toate elementele selectate se poate folosi `QGraphicsScene::selectedItems(`. O alta stare tratata este cea de focus pe un anumit element. Se poate seta prin apelarea funcției `QGraphicsScene::setFocusItem()` sau `QGraphicsItem::setFocu` iar pentru a accesa elementul curent în focus `QGraphicsScene::focusItem()`.

- View

  QGraphicsView furnizează un widget prin care se poate vizualiza conținutul unei scene. Se pot atasa mai multe view-uri la aceeași scena dacă este nevoie.

  ```
  QGraphicsScene scene;
  myPopulateScene(&scene);

  QGraphicsView view(&scene);
  view.show();
  ```

  View-ul poate primii evenimente din exterior de la tastatura sau mouse și le trimite mai departe la scene (făcând conversia la coordonatele scenei dacă este nevoie, deoarece în unele cazuri când scene este mai mare decât fereastra view-ului, view-ul nu poate afișa toată scena, ci doar o porțiune).

  Folosind matricea de transformare, QGraphicsView::transform(), view-ul poate scala sau rotii scena. Pentru convenienta QGraphicsView oferă

funcții pentru convertirea la, sau de la, coordonatele scenei la coordonatele view-ului. `QGraphicsView::mapToScene()` si `QGraphicsView::mapFromScene()`.

- Elementul

  QGraphicsItem este clasa de baza pentru elementele grafice dintr-o scena. Graphics View oferă câteva elemente grafice standard pentru forme simple, precum dreptunghi (`QGraphicsRectItem`), elipsa (`QGraphicsEllipseItem`), dar și text (`QGraphicsTextItem`). De obicei utilizatorul specializează clasa de baza prin moștenire pentru a obține elemente grafice de forme diferite.

  QGraphicsItem suporta următoarele functionalitati:

  - evenimente de mouse (click, hover, scroll-wheel, etc.)
  - evenimente de tastatura
  - evenimente meniu de context
  - grupare, fie prin relație părinte-copil, fie prin clasa QGraphicsItemGroup
  - detecție de coliziuni

  Toate elementele se afla într-un sistem de coordonate local, și la fel ca `QGraphicsView`, conțin funcții pentru convertirea la coordonatele scenei. Totodată la fel ca și `QGraphicsView` sistemul de coordonate poate fi transformat folosind o matrice, `QGraphicsItem::transform()`. Acest lucru este folositor la scalarea sau rotirea individuala.

  Elementele pot conține si alte element (copii). Transformările părintelui sunt moștenite de toți copiii.

  `QGraphicsItem` suporta și detecție de coliziuni, prin funcțiile `QGraphicsItem::shape()` și `QGraphicsItem::collidesWith()`, ambele funcții virtuale care pot fi suprascrise.

9.3 Aplicare

Majoritatea acestor noțiuni au fost folosite la dezvoltarea aplicație, interfața grafica a aplicatie avand la baza Qt. Fiecare tab deschis conține un `QGraphicsView` cu o scena cu toate elementele. View-ul este dinamic iar utilizatorul poate interacționa cu el, prin zoom sau prin schimbarea întregii scene, selectând diferite perspective.

Fiecare element grafic din aplicație, moștenește clasa de baza QGraphicsItem, fiind specializat pentru diferitele tipuri care trebuie afișate. De exemplu obiectele de tip Motion body sunt afișate ca dreptunghiuri albastre de diferite forme în funcție de datele din fișierul sursa. Aceste elemente pot fi mutate cu mouse-ul. Elementele de tip Motion body pot fi conectate de alte elemente Motion body fie prin printr-un Joint sau Connector. La fel pentru Joint și Connector s-au folosit implementări separate pentru afișarea diferitelor tipuri.

Utilizatorul poate interacționa cu toate elementele prin click-dreapta pentru a deschide un meniu de context. Prin acest meniu el poate schimba culoarea, reseta culoarea sau deschide un panou în care sunt afișate informații adiționale elementului.

10 Simcenter

CAE(Computer-aided engineering) este un termen pentru a definii un tip de aplicație folosită în domeniul ingineriei pentru a rezolva diferite probleme ce țin de arii științifice precum: analiza finita a elementelor (FEA), mecanica fluidelor numerică (CFD), durabilitate materiialelor și optimizare. Acest tip de aplicație este folosit pentru a analiza rezistența și performanța anumitor componente sau ansambluri de componente, eficientizând timpul și materia necesara în întregul proces, in special datorita aspectului digital. Este folosit în multe domenii precum industria de auto-motive, aviație și aeronautica.

Ariile acoperite de CAE sunt:

- analiza stresului anumitor componente folosind FEA
- analiza fluidelor prin CFD
- cinematica
- simularea formării unei componente prin turnarea, presarea materiialelor de construcție
- optimizarea produsului
- optimizarea procesului de creare

In general sunt trei etape care formează întregul proces de analiza:

- pre-procesare: se definește modelul și factorii de mediu
- analiza: proces care este rulat pe o unitate de calculare performanta
- post-procesarea: se afișează rezultatele utilizând aplicații de vizualizare

Acest ciclu este rulat iterativ de mai multe ori fie manual fie prin aplicații de optimizare.

Aplicațiile CAE sunt folosite foarte des în industria de automotive. Folosirea lor a dat posibilitatea de a reduce costul și timpul de producție în timp ce au îmbunătățit siguranța, confortul și durabilitatea vehiculelor produse. S-a ajuns în punctul în care se preferă testarea produselor într-un mediu digital decât pe un

prototip fizic.

Simcenter Motion este o aplicație software CAE folosită pentru animarea și analizarea mecanismelor cinematice și dinamice în legătură cu puncte de design critice, forțe, viteze, accelerații.

Într-o simulare cinematică:

- sarcinile externe și forțele de inerție afectează forțele de reacție ale corpurilor dar nu afectează mișcarea
- corpurile și legăturile dintre ele sunt rigide
- nu există bucșe sau alte elemente care se pot deforma

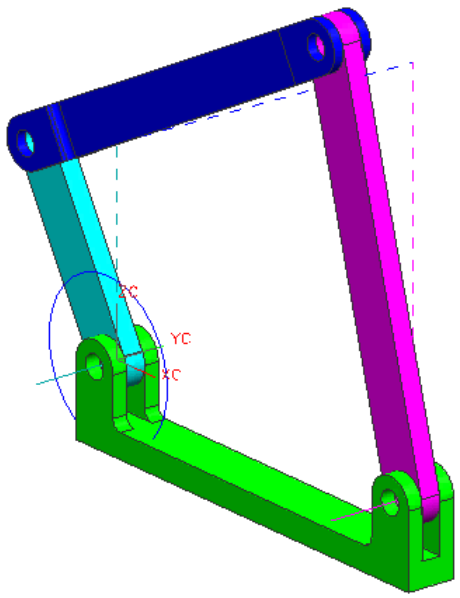


Figure 7: Model cinematic

Într-o simulare dinamică:

- sarcinile externe și forșele pot genera mișcare
- există bucșe pentru simularea legăturilor de supunere
- există efecte ce țin de forțe de frecare și contact
- se poate rula o analiză de echilibru static în care toate forțele externe și interne sunt în echilibru

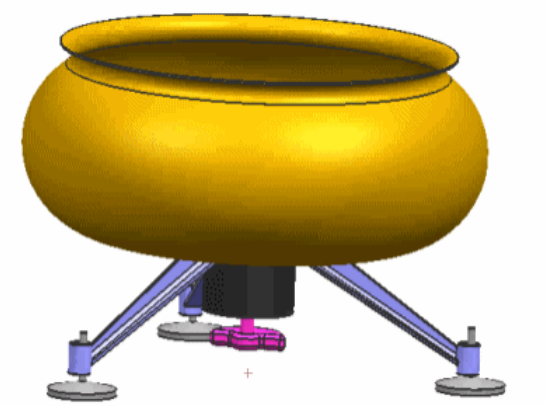


Figure 8: Model dinamic

In aplicație un mecanism se definește ca fiind un ansamblu de componente rigide care se mișcă coeziv. Pentru a crea un mecanism este necesară:

- specificarea corpurilor de mișcare și corpurilor statice
- constrângerea mișcării dintre corpuri, prin definirea mișcării unui corp în legătură cu celelalte corpuri. Acestea se crează prin legături dintre corpurile de mișcare.
- setarea întregii mișcări ale mecanismului

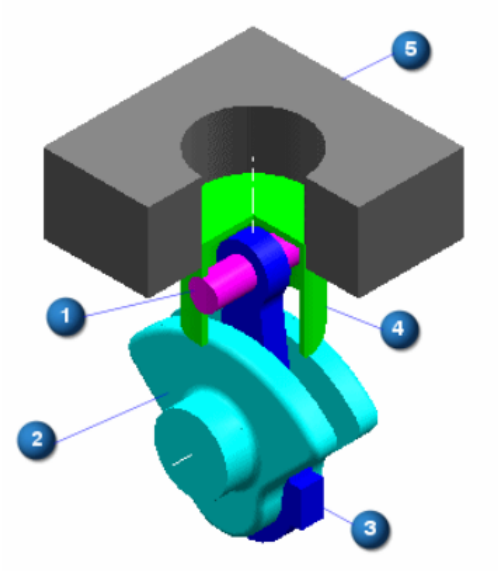


Figure 9: Model mecanism

Corpurile de mișcare reprezintă elemente rigide în mecanism. Orice componentă din model ce se poate mișca trebuie înclusa într-un corp de mișcare. Un corp de mișcare poate fi reprezentat fie printr-o componentă de asamblare fie prin corpuri geometrice simple solide, linii curbe sau puncte. De obicei este mai ușor în procesul de creare a mecanismului sa fie definit inițial prin elemente simple precum linii curbe și puncte pentru a verifica un comportament elementar ca apoi detaliile sa fie adăugate.

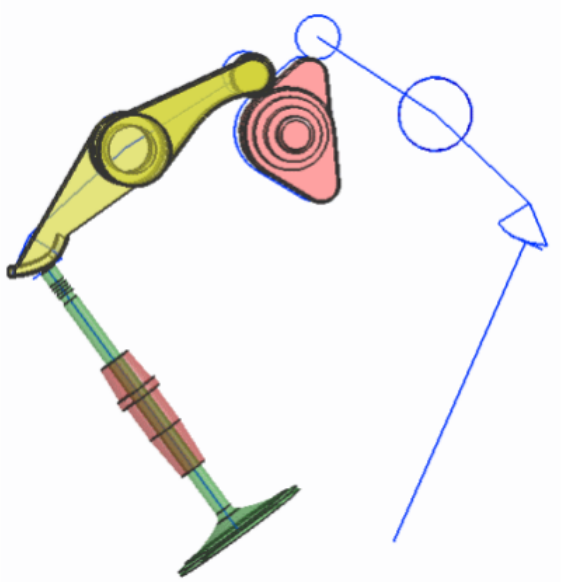


Figure 10: Model mecanism

Într-un mecanism un grad de libertate descrie cum un corp de mișcare se poate deplasa relativ la celelalte corpuri. Toate gradele de libertate ale unui mecanism descriu toate mișcările independente posibile ale lui. Fară constrângeri un corp dintr-un mecanism plutește în spațiu avand șase grade libertate: trei grade de translație (direcția X, Y sau Z) și trei grade de rotație (în jurul axelor X, Y, Z). O îmbinare ale corpurilor constrange unu sau mai multe grade libertate.

Mișcarea unui corp este definită ca fiind mișcarea lui relativa la un corp de baza de care este legat, sau la pământ dacă nu exista.

11 Functionalități

În acest capitol sunt prezentate funcționalitățile implementate in aplicația dezvoltată. Aplicația afișează o diagrama care are la baza un model 3D format din mai multe elemente.

Functionalități de bază:

- încărcarea oricarui fisier .mdef și crearea diagramei
- modificarea diagramei create
  - mutarea elementelor
  - scalarea intregii diagrame
  - schimbarea culorii anumitor elemente
- salvarea modificarilor într-un fisier separat
- încărcarea automata a fișierului salvat, dacă există
- afisarea modelului din mai multe perspective ortografice
- afisarea modelului sub forma de graf
- căutarea unui element dupa un cuvant cheie și evidențierea lui
- compararea dintre diferite versiuni de modele
- afișarea unui panou de tip legendă care prezintă diferitele tipuri de elemente
- afișarea unui panou de informatii în care sunt afisate informații aditionale legate de elemente selectate

Se pot încărca oricâte fișiere .mdef în aplicație, fiecare fișier fiind reprezentat într-un tab diferit. Acest lucru se face din file->open, unde se v-a deschide o noua fereastra de unde utilizatorul își poate alege fișierul. Odată ales un fișier el este deschis într-un tab nou care conține o scena cu mai multe elemente de tip Motion body, Joint sau Connector.

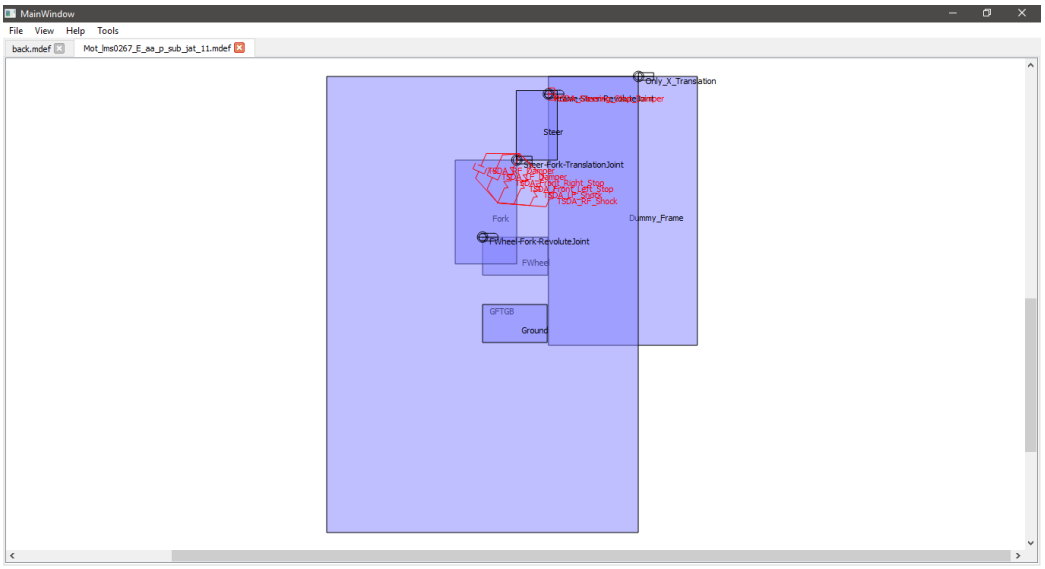


Figure 11: Un model deschis in aplicatie

Fișierul reprezentând un model 3D pentru a afișa structura de baza și relațiile dintre elemente în sine într-un plan 2D am ales folosirea noțiunii de perspectiva ortografica în care modelul este desenat eliminând una dintre cele trei posibile dimensiuni. Astfel se obțin trei perspective individuale pentru afișarea modelului: perspectiva laterala eliminând z, perspectiva frontala eliminând x, perspectiva de deasupra eliminând y. Formele elementelor din aceasta opțiune au la baza coordonate reale citite din fișier. De exemplu mărimea dreptunghiului care reprezinta un Motionbody este calculata în funcție de pozițiile conexiunilor cu alte elemente și centrul de greutate. Aceste perspective pot fi alese de utilizator din view->perspectve. Aceasta abordare este folositoare din perspectiva utilizatorului doar pentru modele cu un număr mic spre mediu de elemente deoarece pentru modele mai mari s-a observat ca datorita structurii lor în multe cazuri existau suprapuneri în oricare dintre cele trei perspective făcând înțelegerea modelului din punct de vedere structural mult mai grea.

Pentru cazuri în care apar aceste probleme s-a implementat o structura de graf pentru reprezentarea modelului. In comparație cu perspectiva ortografica nu se tine cont de date precum puncte de conexiune sau centru de greutate și se axează strict pe relațiile dintre elemente. Folosind un algoritm force-directed de desenare a unui graf obținem o structura mult mai organizata și mai intel-

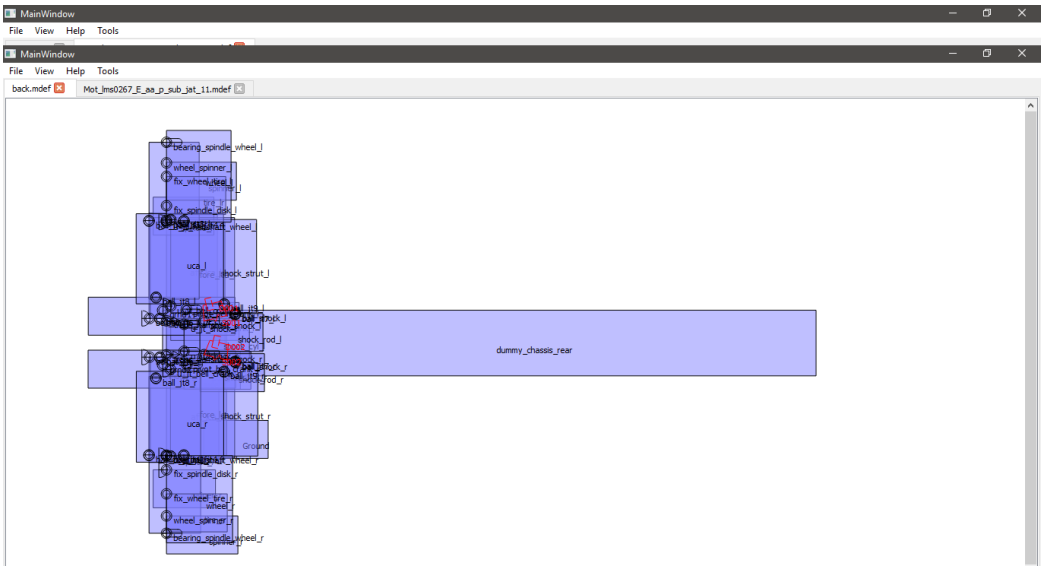


Figure 12: Un model cu multe suprapuneri intre elemente

igibila, însa renunțam la concepte legate silueta modelului. Având în gând un concept prezent în algoritmii force-directed și anume cel care garantează ca dacă un graf este planar desenarea lui nu va conține suprapuneri intre muchii și cel mai important intre noduri. Totodata si pentru grafuri care nu sunt planare desenarea lui conține un număr minim de suprapuneri intre muchii, de multe ori neglijabil, fiind în continuare ușor de înțeles. Opțiunea de graf poate fi aleasa din view->force-directed. In aceasta perspectiva se pot evidenția și tipurile de elemente Joint mai bine deoarece nu mai sunt reprezentate ca un punct fix dintre doua elemente Motion body ci dintr-o muchie cu un simbol corespondent cu tipul elementului. Totodată din meniul de view se poate alege dacă este necesara afișarea fiecărui nume ale elementelor, acest lucru se face din view->show names, de unde se poate deselecta cate o căsuță pentru fiecare tip de element.

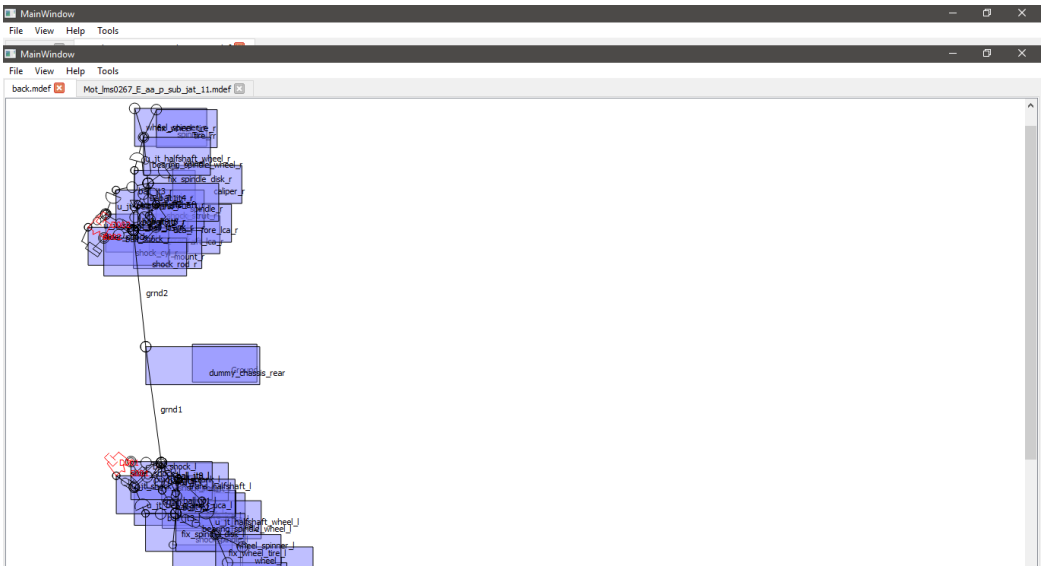


Figure 13: Un model deschis in aplicatie sub forma de graf

In continuare pentru înțelegerea mai buna a modelului au fost implementate niște funcționalități de ajutor. O funcție de căutare pune în evidenta anumite elemente de din model. Se poate accesa din help->search de unde este deschisa o noua fereastra cu mai multe opțiuni. Căutarea după un sub srtring al cuvântului cheie sau căutarea după întreg cuvântul. Este prezenta și o opțiune de regex prin care utilizatorul poate cauta elemente după un anumit șablon. Din aceeași fereastra se poate alege dacă vrem sa cautam doar după anumite tipuri de elemente. Dupa ce apăsam search, dacă căutarea a avut succes elementele sunt evidențiate în scena cu o culoare.

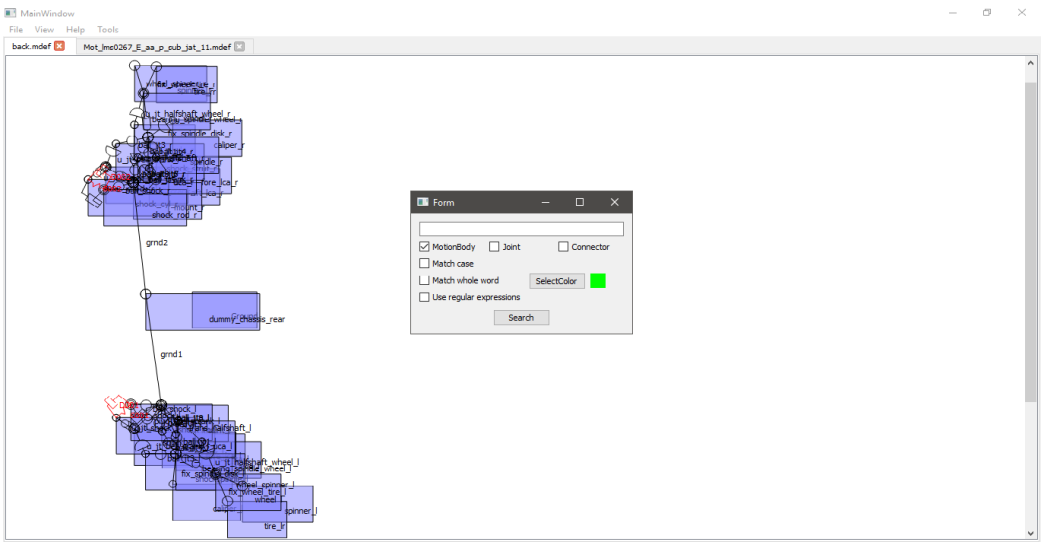


Figure 14: Fereastra de cautare

O alta funcționalitate este cea a panoului de informații adiționale, acolo sunt afișate date din fișierul .mdef legate de un element anume. Aceste informații pot fi accesate prin click dreapta pe un element din scena. Date precum tipul elementului, greutatea, dimensiunea și afișarea altor elemente care au legătura cu el.

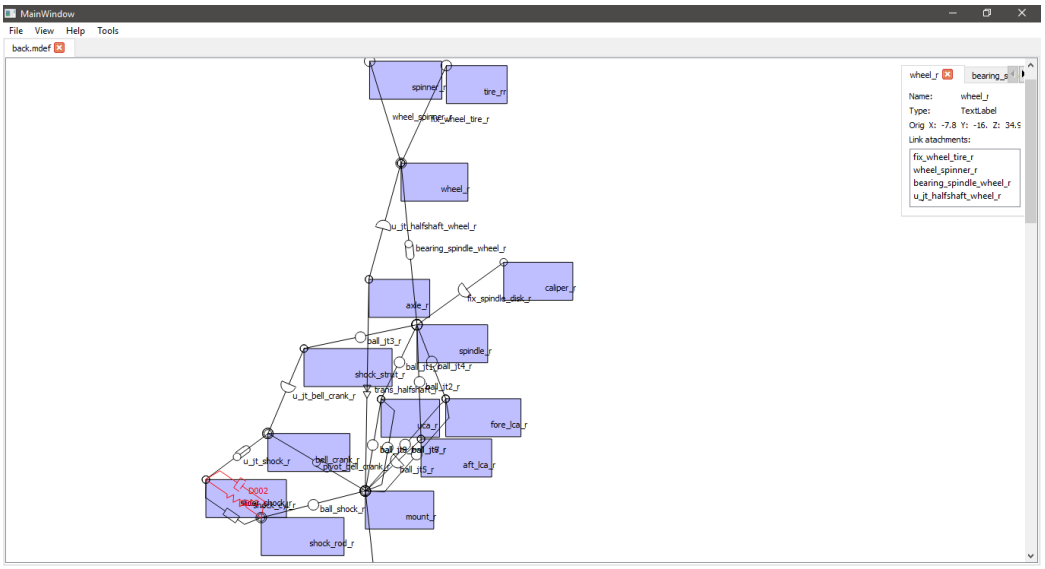


Figure 15: Panoul cu informatii despre un element Motion body

Pentru evidențierea diferențelor dintre versiuni diferite de fișiere .mdef a fost implementata funcționalitatea compare models. Se poate accesa din tools->compare models și va deschide o noua fereastra de unde utilizatorul poate alege ce modele vrea sa compare dintre cele deschise. Diferențe precum date diferite sau chiar lipsa de elemente sunt evidentiate prin colorarea diferita a elementelor.

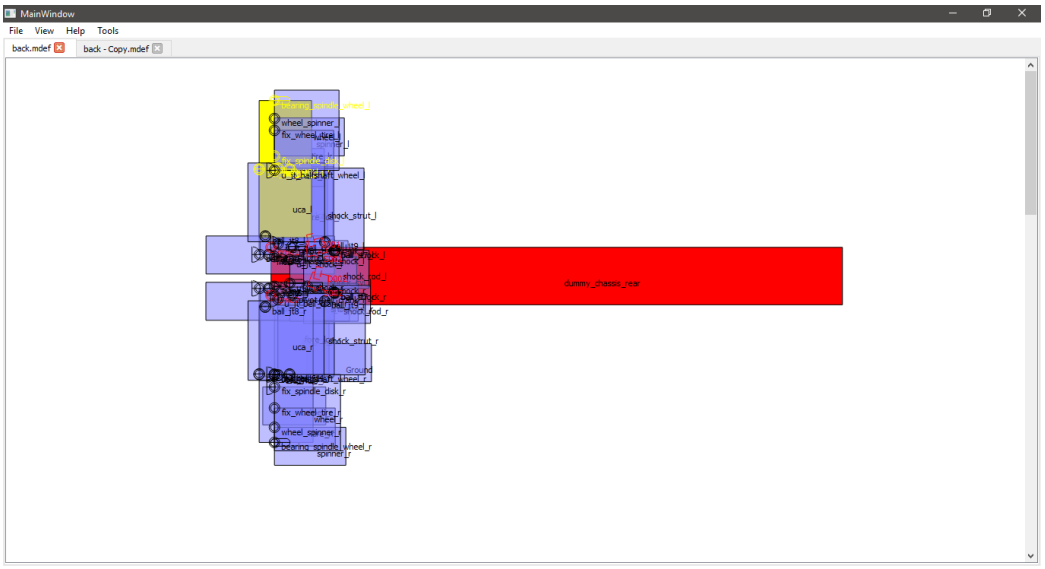


Figure 16: Modelul principal comparat cu o alta versiune

O alta opțiune de ajutor este cea de legenda. Din help->legend se deschide un nou panou care afișează toate simbolurile de elemente Joint și elemente Connectpr pentru ca utilizatorul sa înțeleagă mai bine structura modelului.

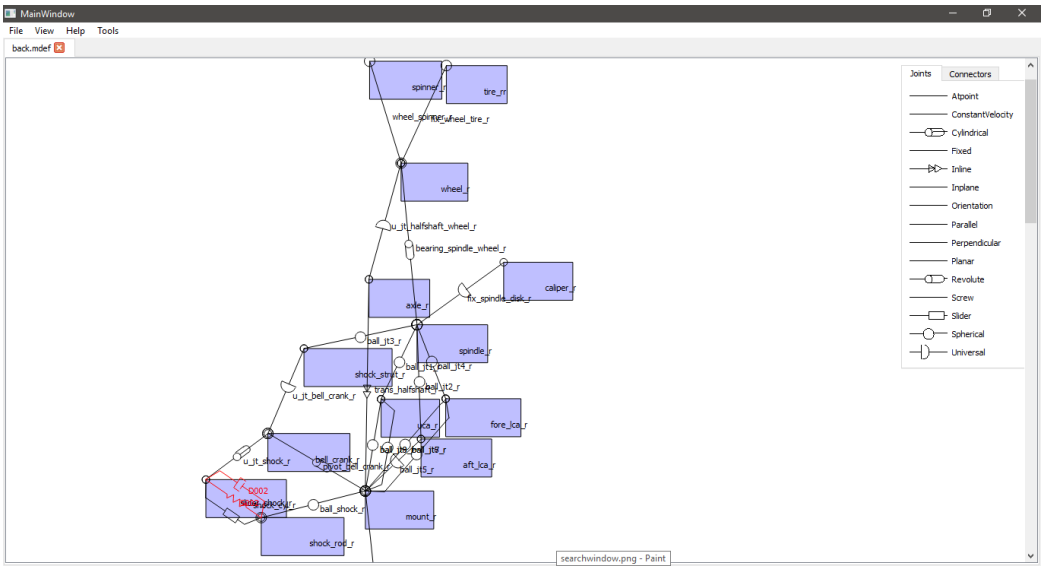


Figure 17: Legenda

Alte funcționalități minore pentru vizionarea modelului includ funcția de zoom și de mutarea elementelor cu mouse-ul. Zoom-ul este necesar pentru modele foarte mari având scopul de a pune în evidenta detalii care s-ar observa greu din întregul model. Mutarea elementelor poate fi utila în cazul în care utilizatorul vrea sa organizeze în alt fel reprezentarea fișierul.

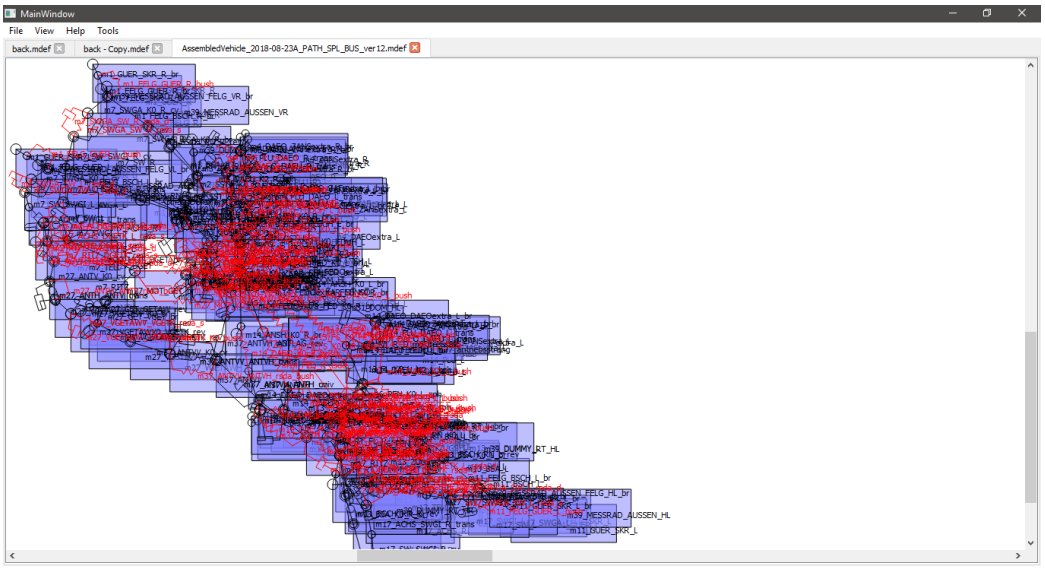


Figure 18: Un model cu multe elemente

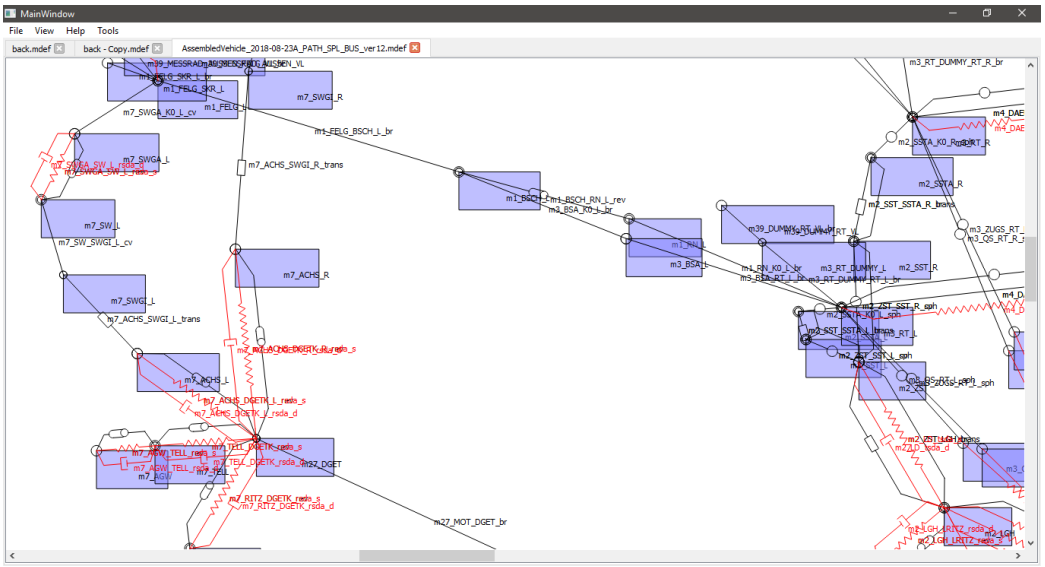


Figure 19: Un model cu multe elemente

Toate schimbările legate de scena în care se afla toate elementele pot fi salvate într-un fișier xml separat. Acest fișier este încărcat automat următoarea data când acel model este încărcat în aplicație. Pentru salvare automata file->save sau file->save as pentru salvarea într-un fișier cu nume diferit. Pen-

tru încărcarea explicită a salvării file->load.

12 Anexa

12.1 XML

12.1.1 Motion body

Exemplu simplificat de element care reprezinta un corp de mișcare în fișierul .mdef:

```
<MotionBody Name="m1">
    <MassAndInertia>
        <TransformationMatrix>
            <Origin>
                <X Unit="in" Value="−7.580428294094488705 92e+00"/>
                <Y Unit="in" Value="4.230446500118110719 77e+01"/>
                <Z Unit="in" Value="3.443011638385826955 75e+01"/>
            </Origin>
        </TransformationMatrix>
    </MassAndInertia>
</MotionBody>
```

12.1.2 Joint

Exemplu simplificat de element care reprezintă o legătură între două corpuri de mișcare:

```
<Joint Name="u_jt_shock_l" Type="Cylindrical">
    <Action>
        <SelectedMotionBody Name="shock_cyl_l"/>
        <TransformationMatrix>
            <Origin>
                <X Unit="in" Value="−4.141789756418390311 41e+00"/>
                <Y Unit="in" Value="2.036130602746205653 38e+01"/>
                <Z Unit="in" Value="4.146518752594159451 52e+01"/>
            </Origin>
        </TransformationMatrix>
    </Action>
    <Base>
        <SelectedMotionBody Name="bell_crank_l"/>
```

```
        <TransformationMatrix>
            <Origin>
                <X Unit="in" Value="−4.14178975641839031141e+00"/>
                <Y Unit="in" Value="2.03613060274620565338e+01"/>
                <Z Unit="in" Value="4.14651875259415945152e+01"/>
            </Origin>
        </TransformationMatrix>
        <SnapMotionBodies Value="false"/>
    </Base>
    <DisplayScale Value="1.00000000000000000000e+00"/>
</Joint>
```

12.1.3 Connector

Exemplu de element conector dintre doua corpuri de miscare:

```
<Spring Name="S001" Type="MotionBody">
    <Action>
        <SelectedMotionBody Name="shock_rod_l"/>
        <TransformationMatrix>
            <Origin>
                <X Unit="in" Value="4.97282173372801139521e+00"/>
                <Y Unit="in" Value="2.22172095074280626648e+01"/>
                <Z Unit="in" Value="3.98239507981948648307e+01"/>
            </Origin>
        </TransformationMatrix>
    </Action>
    <Base>
        <SelectedMotionBody Name="shock_cyl_l"/>
        <TransformationMatrix>
            <Origin>
                <X Unit="in" Value="1.13657023776269738846e−01"/>
                <Y Unit="in" Value="2.10778191616462606817e+01"/>
                <Z Unit="in" Value="4.04163897920995651702e+01"/>
            </Origin>
        </TransformationMatrix>
    </Base>
</Spring>
```

Tag-urile Action si Base de la joint is connector arata corpurile de miscare legate.

Toate elementele au o legătura strânsa iar buna funcționalitate a aplicației tine de structura fișierului.

12.2 Turtle graphics

12.2.1 Desenarea unui cilindru

```
void JointPainterPathCreator::drawRevolutePath(Turtle & turtle, double
    const double radius = 5;

    turtle.forward((length / 2) - radius);

    turtle.save();

    //drawing first circle
    turtle.rotate(M_PI / 2);
    const int nrOfSegments = 32;
    const double angle = 2 * M_PI / nrOfSegments;
    //const double segmentLength = angle*radius;
    const double segmentLength = radius*sqrt(2.0 - 2.0*cos(angle));

    for (int i = 0; i < nrOfSegments; i++) {
        turtle.forward(segmentLength);
        turtle.rotate(-angle);
    }

    turtle.load();
    turtle.forward(2 * radius, false);

    //drawing cilinder upper line
    const double cilinderLength=10;

    turtle.forward(cilinderLength, false);

    turtle.rotate(-M_PI / 2);
```

```
        turtle.forward(radius, false);

        turtle.rotate(-M_PI / 2);
        turtle.forward(cilinderLength + 3);
        turtle.rotate(M_PI);
        turtle.forward(cilinderLength + 3, false);

        turtle.save();
        for (int i = 0; i < nrOfSegments / 2; i++) {
            turtle.forward(segmentLength);
            turtle.rotate(angle);
        }

        turtle.load();
        turtle.rotate(M_PI / 2);
        turtle.forward(radius*2.0,false);
        turtle.rotate(M_PI / 2);

        //drawing cilinder lower line
        turtle.forward(cilinderLength + 3);
        turtle.rotate(M_PI);
        turtle.forward(cilinderLength + 3, false);
        turtle.rotate(-M_PI);

        turtle.rotate(M_PI / 2);
        turtle.forward(radius, false);

        turtle.rotate(M_PI / 2);
        turtle.forward(radius, false);
    }
    }
```

13 Bibliografie