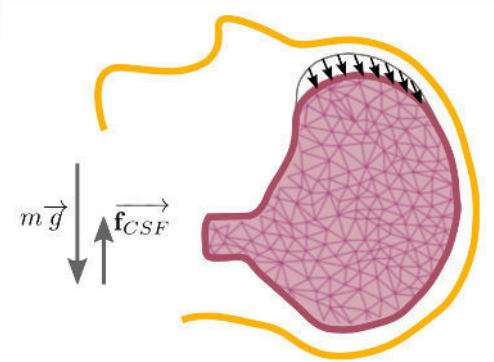
Pokročilé metody modelování elastických deformací v prostředí Matlab

Petra Ondřejková, Igor Peterlík, Ph.D. (vedoucí práce)
Fakulta Informatiky, Masarykova Universita

Kontext a motivace

Reálnost počítačových simulací zapříčinila jejich pronikání do oblastí medicíny. Modelování vysoce nelineárního chování tkání ovšem klade důraz na diverzifikaci využívaných metod. Existují frameworky, které umožňují simulace tkání, ale jejich nevýhodou je velmi obtížná implementace nových metod. Z tohoto důvodu vznikl před lety framework MatlabFEM, jehož restrukturalizace a přidání nových metod byla jedním z cílů práce.

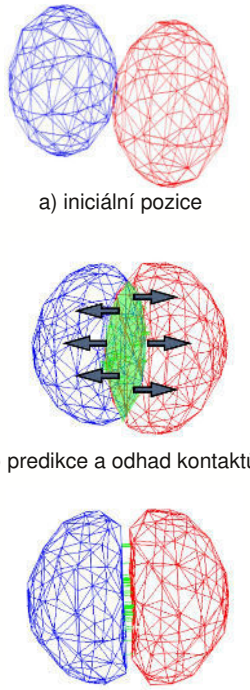
Obrázek 1: Deformace mozku působením gravitace



Modelování kontaktů

Modelování kontaktů souvisí se Signoriniho zákonem. Ten říká, že 2 tělesa jsou v kontaktu a působí na sebe silou v kontaktních bodech nebo v kontaktu nejsou a nepůsobí na sebe. Práce uvažuje kontakty mezi deformovatelným tělesem a rigidní rovinou bez uvažování tření.
Použitý algoritmus vychází z technik založených na „prediktivním pohybu“.V první fázi výpočtu nechá těleso deformovat bez uvažování překážky. Následně je tento výpočet vhodně opraven pomocí odhadu kontaktních sil založených na definici LCP problému, který je následně řešen pomocí Gauss-Seidlovy metody s projekcí.

Obrázek 2: Tři fáze modelování kontaktů



a) iniciální pozice

b) predikce a odhad kontaktů

c) korekce

Obrázek 3: Kompenzace sil na mozku

a) iniciální pozice

b) posunutí při kompenzaci sil

c) geometrie s distribuci napětí

Hyperelastické deformace

Modelování chování měkkých tkání a uvažuje nelineární vztah mezi mechanickým napětím (vyjadřující kinetiku tělesa) a deformací (vyjadřující kinematika tělesa). Určení deformované pozice tělesa znamená řešení rovnice ekvilibria:

$$+ f(x) = 0$$

kde je mechanické napětí a f jsou působící síly na těleso. Protože hypereleacticita uvažuje těleso jako spojitý objekt, je nutná diskretizace pomocí metody konečných prvků. Výsledná soustava je řešena Newton-Raphsonovou metodou ve spojení s přírůstkovými technikami zaručující konvergenci.

Kompenzace aplikovaných sil

Snaha odhadnout nezdeformovaný tvar tělesa se znalosti deformovaného tvaru a velikosti působících sil. Velice perspektivní pro využití v lékařství, kde většina dat, pochází z deformovaných těles, ale tato deformace je zanedbána, což vede k určitým nepřesnostem používaných matematických modelů.
Součástí práce bylo prozkoumání možností doplnění kontaktů do algoritmu kompenzace sil. Tento problém úzce souvisí s odhadem kontaktních sil mezi tělesy. Práce obsahuje i iterativní algoritmus, který se snaží o odhad kontaktních sil mezi deformovatelným tělesem a rigidní rovinou.