



SZAKMAI ZÁRÓJELENTÉS

az

OTKA T 042775 GEK

nyilvántartási számú,

**TEXTILANYAGOK VISELKEDÉSÉNEK MECHANIKAI-
MATEMATIKAI MODELLEZÉSE**

című projekt során végzett munkáról

Témavezető: Dr. Halász Marianna

Futamidő: 2003-2005

2006. 02. 25.



1 Előzmények

A BME Polimertechnika Tanszék és a BME Gépészeti Informatika Tanszék munkatársai 1983 óta foglalkozunk a számítógépes ruhaipari gyártáselőkészítés elméleti alapjainak kutatásával és a kapcsolódó számítógépes gyártástervező rendszerek kidolgozásával.

Első rendszerünkben (Coopgrading) a számítástechnika korszerű módszereit - a B-Spline-okat - használtuk fel a konfekcióipari szabásminták síkbeli geometriai modellezésére, amelynek alkalmazási technológiájára szabadalom is született.

Következő munkánkban az egyéni méretű szabásminták kialakításának automatizálásával foglalkoztunk és egy speciális termékcsoporthoz - a férfi ingekre - önálló ipari alkalmazást fejlesztettünk ki. Ez a rendszer a síkbeli szabásminták és az emberi test méretei közti kapcsolatot tudásbázis alapján teremtette meg, valamint a ruhaipari előkészítési funkciók mellett a gyártási folyamat vezérlését és adminisztrációját is támogatta.

A 90-es évek elején dolgoztuk ki ruhaipari gyártástervező rendszerünk oktatásban és iparban is alkalmazható, PC alapú, új változatát (CAT for Windows). A rendszert azóta is folyamatosan továbbfejlesztjük, mivel a CAT for Windows már több mint húsz szakirányú oktatási intézményben (BME, BMF Ruhaipari Tanszék, ruhaipari szakközépiskolák) és két ipari vállalkozásnál üzemel.

A 90-es évek második felében kezdtük a térbeli ruhatervezés (Sylvie[®] 3D System) lehetőségeinek kutatását. Első lépéseinket az FKFP 0028/2000 és az ALK-00257/2002 kutatási projektek támogatták.

A térbeli tervezés egyik legfontosabb jellemzője, hogy a modellt már a tervezés fázisában 3D-ben jelenítjük meg a számítógép képernyőjén. A konfekcionált textilszerkezetek 3D-s tervezésének és a modelltervek valósághű, 3D-s megjelenítésének a kulcsa az anyagok viselkedését leíró matematikai modell és a szimulációs programrendszer kidolgozása. E feladat kutatására nyertük el 2003-ban "Textilanyagok viselkedésének mechanikai-matematikai modellezése" címmel a jelen OTKA támogatást.

2 A kutatás célja és munkaterve

A kutatás célja - az alábbi részletes munkaterv szerint - a szükséges tudományos alapkutatások, matematikai elemzések és anyagvizsgálatok alapján a textilanyagok *mechanikai-matematikai modelljének a megalkotása és az azon alapuló számítógépi szimulációs programnak a kifejlesztése*, amelynek eredményeképpen a speciális anyagtulajdonságok figyelembevételével a textilanyag különböző erők hatására mutatott térbeli elhelyezkedése és külső képe a számítógép képernyőjén valósághűen, anyagszerűen megjeleníthető és szilárdsági méretezése elvégezhető.

A kutatási szerződésben tervezett tevékenységek:

Munkatervi pontok	Időbeli ütemezés, félévenként					
	2003 I.	2003 II.	2004 I.	2004 II.	2005 I.	2005 II.
1. A textilanyagok külső képét valósághűen meghatározó szükséges és elégséges tulajdonságok vizsgálata.						
2. A textilanyagok térbeli elhelyezkedését befolyásoló anyag-tulajdonságok vizsgálata, az "anyagszerű" ábrázoláshoz szükséges és elégséges információk kiválasztása.						
3. A textilanyagok térbeli elhelyezkedését befolyásoló erőhatások elemzése						
4. Matematikai modellváltozatok kidolgozása a textíliák térbeli alakjának leírására.						
5. Egyszerű és gyors anyagvizsgáló módszerek kiválasztása és kidolgozása a szükséges és elégséges anyagjellemzők meghatározásához.						
6. A matematikai modellváltozatok összehasonlítása mesterségesen létrehozott tesztesetek vizsgálatával, a feladat megoldására legalkalmasabb matematikai modell kiválasztása.						
7. A kiválasztott matematikai modell alapján az anyagok térbeli alakját leíró interaktív program kidolgozása a 3D-s tervezőrendszerrel összhangban.						
8. Matematikai modell kidolgozása a textilanyagok külső képnek valósághű leírásához, a modell alapján a 3D-s tervezőrendszerhez illeszkedő interaktív programmodul kidolgozása.						
9. Az öltözék multimédiás, 3D-s ábrázolása lehetőségének vizsgálata a textilanyagok külső képének és térbeli alakjának leírására kidolgozott programmodulok alkalmazásával.						

3 A kutatási terv megvalósítása és a kutatás eredményei

3.1 A kutatás körülményei

3.1.1 Kutatási együttműködés a Maribori Egyetemmel

2003 márciusában látogatást tettünk a Maribori Egyetem Gépészmérnöki Kar Textil Tanszékén, ahol megbeszélést folytattunk **Dr. Jelka Gersak professzor asszonnyal**, a Textil- és Ruhaiipari Gyártási Folyamatok Intézetének vezetőjével. Megbeszélésünk eredményeként közös kutatási projektjavaslatot nyújtottunk be a 2004-2005 évi Magyar - Szlovén Kormányközi Tét Együttműködési Programra "Komplex textilszerkezetek viselkedésének modellezése" címmel. A projektjavaslatot elfogadták, a szerződést megkötöttük. A szlovén fél a rendelkezésükre álló KES anyagvizsgáló készülékrendszeren végzett textil-anyagvizsgálókkal és Abaqus végeses elemes programrendszerrel végzett szimulációs kísérletekkel vesz részt a kutatásban. Ez az együttműködés – köszönet a Tét támogatásnak - jelentősen hozzá járult a jelen kutatási program megvalósításához. A sikeresen megvalósított

program eredményeként „Komplex textilszerkezetek paraméterei” címmel közös kutatásaink folytatásához 2006-2007-re ismét elnyertük a TÉT program támogatását.

3.1.2 A kutatási munkában és az ahhoz kapcsolódóan készült tudományos közlemények elkészítésében névszerint résztvevő munkatársak:

Dr. **Halász Marianna**, gépészmérnök, a műszaki tudományok kandidátusa, a BME Polimertechnika Tanszék docense, aki a kutatás és egyben a kutatáshoz kapcsolódóan készülő PhD értekezések témavezetője.

Dr. **Vas László Mihály**, gépészmérnök és matematikus, a műszaki tudományok kandidátusa, a BME Polimertechnika Tanszék docense, aki a textilanyagok szerkezeti és mechanikai tulajdonságainak vizsgálata és matematikai elemzése témában 2006-ban akadémiai (nagy) doktori értekezését benyújtja.

Dr. **Tamás Péter**, matematikus-mérnök, a BME Gépészeti Informatika Tanszék munkatársa, aki a számítógépes ruhaipari tervező rendszerek fejlesztése során végzett matematikai-informatikai munkásságának eredményeiből írja PhD értekezését.

Szabó Lajos, ipari terméktervező mérnök, a BME Polimertechnika Tanszék doktorandusza, aki PhD értekezését az emberi test méreteinek és a textíliák drapériaviselkedésének meghatározására szolgáló mérőberendezés fejlesztésével kapcsolatos eredményeiből írja.

Vámos Róbert, a BME Polimertechnika Tanszék végzős gépészmérnök hallgatója, aki a „Textilanyagok esésének modellezése” című diplomatervével a Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület (MTESz tagegyesülete) diplomaterv Nívódíj pályázatán 2003-ban első díjat nyert.

Julean Ramóna, textilmérnök, aki doktoranduszi tanulmányait a BME Polimertechnika Tanszéken 2003-ban befejezte és jelenleg egy ruhaipari cég munkatársa. Julean Ramóna a kutatási témához kapcsolódó „Háromdimenziós ruhatervezés” című PhD disszertációján továbbra is dolgozik.

Gräff József, matematikus-mérnök, a BME Gépészeti Informatika Tanszék munkatársa, aki PhD disszertációját „A textilanyagok térbeli viselkedésének matematikai leírása és számítógépes szimulációja” témából írja.

Dr. **Kokasné Palicska Lívia**, textilmérnök, főiskolai docens, a BMF Textiltechnológiai Intézeti Tanszékének munkatársa, aki a „Szövetek szerkezeti és mechanikai tulajdonságainak hatása a drapériaviselkedésre és a szimulációs program paramétereire” témakörben írja PhD disszertációját.

Kiss Szilvia, a BMF textilszakos végzős hallgatója, aki „A szövetek esési tulajdonságainak vizsgálata” témában készítette főiskolai szakdolgozatát.

Nagyné Szabó Orsolya, a BMF Ruhatechnológiai Intézeti Tanszékének munkatársa, aki Sopronban, a NYME-n végzett egyetemi tanulmányait 2004-ben a témához kapcsolódó „Egyedi méretű ruhaszerkesztés kidolgozása 3 dimenziós tervező rendszerhez” című diplomatervével zárta le.

Koleszár András, a BMF Ruhatechnológiai Intézeti Tanszékének munkatársa, aki Sopronban, a NYME-n végzett egyetemi tanulmányait 2005-ben a témához kapcsolódó „Testre szabott nadrágok térbeli tervezése és modellezése” című diplomatervével zárta le, amellyel a Textilipari Műszaki és Tudományos Egyesület (MTESz tagegyesülete) diplomaterv Nívódíj pályázatán 2005-ben első díjat nyert.

Dr. **Gróf Gyula**, matematikus-mérnök, a BME Energetika Tanszék docense, aki a drapériaviselkedés mérésére kifejlesztett készülék tervezésében és megépítésében vett részt.

Kuzmina Jekatyerina, robotszakos gépészmérnök, a BME Gépészeti Informatika Tanszék munkatársa, aki PhD disszertációját a textilanyagok térbeli viselkedésének matematikai leírása és számítógépes szimulációja témakörhöz kapcsolódóan írja.

3.2 A kutatás során elvégzett munka és eredményei

A kutatási munkáról és eredményeiről számos különböző célú tudományos közlemény készült. A beszámolóban a közleményekre a közleményjegyzékbeli sorszámukkal hivatkozunk. A közlemények Interneten keresztül elérhetőek:

<http://www.pt.bme.hu/~halaszm>

Könyvtár: OTKA
Fehasználó név: OTKA
Jelszó: T042775

3.2.1 *A textilanyagok külső képét és térbeli elhelyezkedését befolyásoló anyagtulajdonságok és erőhatások elemzése és vizsgálata*

A textilanyagok – szövetek, kötött kelmék, stb. - szerkezete és mechanikai tulajdonságai jelentősen eltérnek a más szerkezeti anyagokból készült lapszerű termékek tulajdonságaitól. A jellegzetes szerkezet anizotrópiájából következik a mechanikai tulajdonságok anizotrópiája.

A szerkezet főbb jellegzetességei:

- Inhomogén, hierarchikus szerkezet: elemi szál → fonal → szőtt, kötött, egyéb textilszerkezet
- A szerkezetet összetartja: a fonalat az elemi szálak közötti súrlódás, a kelmét a fonalak kereszteződése, egymásba hurkolódása és a köztük lévő súrlódás
- Az anizotróp szerkezet jellegzetessége a két, egymásra merőleges fő irány, a lánc és vetülék irány.

A mechanikai tulajdonságokban mutatkozó főbb jellegzetességek:

- A polimer anyagok családjába tartozó textilanyagok a polimerek tulajdonságait mutatják (kúszás, feszültség-relaxáció, stb.).
- A szerkezeti anizotrópia miatt a mechanikai tulajdonságok is irányfüggőek.
- A textil laptermékek már kis erők hatására – húzás, nyomás, hajlítás, nyírás - is nagy deformációval válaszolnak.
- Különösen nagy a deformáció hajlítás esetén, mivel a hajlító igénybevétellel szemben a textíliáknak nagyságrendekkel kisebb az ellenállása, a kis fajsúlyú textíliák már saját súlyuk hatására nagy deformációt mutatnak.
- Hasonlóképpen nagy a deformáció nyírás esetén is, mivel a nyíró deformáció már a textília saját súlyának hatására is jelentős mértékű lehet.

Ezek a tulajdonságok okozzák a textíliák jellegzetes textilszerű viselkedését, a textíliák ezért alkalmasak mind ruházati, mind műszaki célokra, de éppen ezek a tulajdonságok nehezítik meg viselkedésük számítógépes szimulációját.

A nagy deformációk miatt lehetséges redőződés, más szóval esés és térformákra való idomulási képesség az, amiben a textilszerű viselkedés megnyilvánul. A redőződés és térformákra való idomulási képesség vizsgálatánál megkülönböztetjük a saját tömeg hatására bekövetkező szabad deformációt és a más külső erők hatására bekövetkező kényszer deformációt.

A ruházati felhasználáson belül is két esetet kell megkülönböztetni. A ruházati termékek egyik csoportjába soroljuk az u.n. testtávoli öltözékeket, amelyek az emberi testnél valamivel nagyobbak, és a testet lazán követik (pl. kabát, szoknya, ing, stb.). A testtávoli öltözékek esetében a szabad deformáció a jelentősebb, a viselés közben fellépő egyéb igénybevételek véletlenszerűségük miatt nehezen definiálhatók.

A ruházati termékek másik csoportjába soroljuk az u.n. testközeli öltözékeket, amelyek a testnél kisebbek, viszont 100%-ban rugalmas deformációjuk, rendkívüli nyúlóképességük és kis rugalmassági modulusuk eredményeképpen pontosan követik a test alakját (pl. fürdőruha, harisnyanadrág, stb.) A testközeli öltözékek esetében a szabad deformáció nem jelentős, a meghatározó a kényszer deformáció.

A műszaki alkalmazásoknál is megkülönböztethetjük a két esetet. Míg a függönyöknél a szabad deformáció a mértékadó, addig a sátraknál és feszített tetőszerkezeteknél a – feszítés, a belső túlnyomás, a szél, az eső, a hó, stb. következtében fellépő - kényszer deformáció mellett a szabad deformáció elhanyagolható.

Az esést, redőződést a kelmének lényegében minden szerkezeti és mechanikai tulajdonsága befolyásolja. Vizsgálataink célja volt, hogy feltérképezzük ezeket a tulajdonságokat és megvizsgáljuk, hogy melyik milyen mértékű befolyással van a kelmék esésére. A vizsgálatok céljára speciálisan megválasztott tulajdonságú kelméket készítettünk, hogy az egyes befolyásoló tényezők hatása meghatározható legyen.

A témakörrel kapcsolatos közlemények részletesen tartalmazzák és elemzik a textíliák tulajdonságait, a kelmék vizsgálati módszereit, a speciálisan készített kelmeminták mérésével kapott eredményeket és azok értékelését. (6, 8, 9, 18, 20, 21)

3.2.2 A térbeli viselkedést leíró mechanikai-matematikai modell, a szimulációs módszerek tesztelése és összehasonlítása

A textilanyagok térbeli viselkedését leíró mechanikai-matematikai modell felállítását nagyon megnehezíti a textilanyagok előző fejezetben tárgyalt jellegzetes textilszerű viselkedése, azok közül is különösen a nagy deformáció képesség hajlítás és nyírás esetén.

A modellezésre több lehetőséget is megvizsgáltunk. Ezek:

- Szerkezeti modell

A legpontosabb modellezés bizonyára ezzel lenne lehetséges, azonban a textíliák rendkívül összetett szerkezeti felépítése és az ezzel összefüggő összetett mechanikai viselkedése miatt ez a modell annyira bonyolult lenne, hogy a megoldására nincs esély.

- Végeselemes modell

A végeselemes modellezést több modellező program alkalmazásával is kipróbáltuk. Megfelelően kiválasztott programmal és a textíliák tulajdonságaihoz alkalmasan kialakított modellel a textilanyagok viselkedése elég jól leírható. A futási időket figyelembe véve azonban – a statikus modell órás nagyságrendű, a dinamikus nap nagyságrendű – a valós időben történő szimulációhoz nem alkalmas. A futtatási tapasztalatok alapján műszaki alkalmazásokhoz, ahol egyrészt alapvetően fontosak a szilárdsági számítások, másrészt van idő a számítások elvégzésére, a végeselemes modellezés jól alkalmazható. A testtávoli öltözékek modellezésére azonban, ahol a gyorsaság alapvető követelmény, a végeselemes modellezés nem alkalmas. Ebben az esetben a pontosított végeselemes modell ellenőrző számításokra és az anyag igénybevételeinek megállapítására használható.

- Tömegpontokból és rugókból felépülő modell

A testtávoli öltözékek modellezésére, ahol a gyorsaság alapvető követelmény, megvizsgáltuk egy tömegpontokból és rugókból felépülő modell alkalmasságát. A modell valahol a szerkezeti és a végeselemes modell közötti megoldás. A cél a geometria helyes leírása valós időben, amit a modellel sikerült is megvalósítani. Nem alkalmas azonban a modell a textília feszültségi viszonyainak leírására, mivel a modell paraméterei és a valós erőviszonyok között nincs egyértelmű kapcsolat. Emiatt a modell paramétereinek a meghatározása is komoly megoldandó problémát jelent egy konkrét textília esetén.

A témakörrel kapcsolatos közlemények részletesen bemutatják a tömegpontos-rugós modell felépítését és a két módszerrel elvégzett kísérletek eredményeit (1, 2, 5, 7, 14, 15).

A modellezési megoldások közül a ruhaipari feladathoz egyedül alkalmas, tömegpontokból és rugókból felépülő modellt választottuk ki, fejlesztettük tovább és építettük be a 3D-s ruhatervező rendszerbe.

3.2.3 Új anyagvizsgálati módszer és vizsgáló készülék a szimulációs program paramétereinek meghatározására

Az előző fejezetben bemutatott, tömegpontokból és rugókból felépülő modell paramétereinek meghatározására megoldást kellett találnunk. Ennek érdekében egy olyan egyszerűen mérhető anyagtulajdonságra volt szükség, amely a textilanyag viselkedését, esését egyértelműen és globálisan jellemzi és a szimulációs paraméterekkel összefüggésbe hozható, azokkal egyértelműen megfeleltethető. A textília mechanikai viselkedését egyértelműen jellemzi az alak, amit redőződése során felvesz. Az új mérési módszer alap gondolata, hogy valamilyen térbeli szkennelési módszerrel rögzítjük a redőződő textília térbeli alakját a számítógépben, majd modellezzük a szimulációs programmal a szkennelési felületet és a szimulációs program paramétereit mindaddig változtatjuk, amíg a modellezett felület elegendően pontosan nem írja le a szkennelt felületet. Az így meghatározott paraméterekkel azután a szkennelt kelméből készült ruhadarab redőződését már modellezni tudjuk.

A megoldáshoz felhasználtuk azt a mérési elvet, amelyet korábban az emberi test méreteinek meghatározására alkalmaztunk. A lézervonalas mérési eljárás a testek felületének pontjait optikai úton határozza meg. A textíliák redőződési vizsgálatára kialakított berendezésre 4 db lézervonal-sugárzót és 4 db kamerát szereltünk. A mérés során a kör alakúra szabott kelmét egy szintén kör alakú asztalra helyezük úgy, hogy a kelme széle körben egyformán érjen túl az asztal szélén és redőződjön. A szkennelés után az adatokból előállítjuk a kelmefelület számítógépes modelljét, amely a paraméterek meghatározásánál mintául szolgál.

A szimulációs programmal kapcsolatosan másik fő célunk, hogy a modell paraméterei és a textilanyagok mérhető tulajdonságai közötti összefüggéseket feltárjuk. Bár ennek érdekében már nagyon sok vizsgálatot elvégeztünk, de még nem eleget ahhoz, hogy statisztikai módszerekkel az összefüggések meghatározhatóak lettek volna. Ebben a kutatási irányban még sok teendőnk van.

Az elvégzett redőződés-mérések azonban egyrészt jól egyeznek a hagyományos Cousic drape testerrel végzett mérések eredményeivel, másrészt az ismételt mérések bizonyítják a teszt módszer reprodukálhatóságát.

A témakörrel kapcsolatos közlemények részletesen bemutatják az emberi test mérésére kidolgozott berendezést, a textíliák szkennelésére alkalmas mérőműszert, valamint a szimulációs program paramétereinek meghatározására szolgáló számítógépi programot. (10, 11, 16, 17, 22, 26, 27, 28, 29)

3.2.4 A kiválasztott szimulációs módszer alkalmazása és beillesztése a 3D-s ruhatervező rendszerbe

Az előzményekben említett, fejlesztés alatt álló 3D-s ruhatervező rendszer, a Sylvie® 3D System a következő fő részekből áll:

- Sylvie® 3D Body Scanner, amely az emberi test ruhaipari célú meghatározására szolgáló optikai elven működő berendezés és program,
- Sylvie® 3D Drape Tester, amely az anyagviselkedés dinamikus szimulációjához szükséges paraméterek meghatározására szolgáló berendezés és program,
- Sylvie® 3D Dress Design System, amely magába foglalja
 - a 3D-s testmodellező programmodult, amely a beszkenelt személyek számítógépes testmodelljének automatikus előállítására szolgál,
 - a 3D-s ruhamodellező programmodult, amely a testfelület alapján előállított ruhafelület modellezésével és az így készült modell felületének kiterítésével automatikusan állítja elő az egyéni méretre készült modell síkbeli szabásmintáit,
 - a 2D-s modellezőt, amely a síkbeli szabásminták szerkesztésére, módosítására, modellezésére, szériázására, valamint a szabási tervek készítésére szolgál, valamint
 - a 3D-s ruhamegjelenítő programmodult, amely a testmodellt automatikusan felöltözteti a kiválasztott anyagból készült, megtervezett modellbe, miközben az öltözék redőződését dinamikusan szimulálja.

A témakörrel kapcsolatos közlemények részletesen bemutatják a Sylvie® 3D System valamennyi fő részét és a szimulációs program alkalmazását (4, 12, 13, 19, 23, 24, 25,).

4 Az eredmények hasznosítási lehetőségei

Az új eredmények első hasznosítása, a CAT for Windows rendszerhez hasonlóan, oktatási jellegű. A BMF Ruhatechnológiai Intézeti Tanszéke, a BME Polimertechnika Tanszéke és a Szolnoki Ruhaipari Szakközépiskola szakmai oktatásába beillesztette a 3D-s tervezőprogramot.

Újszerűsége miatt nagy lehetőséget látunk a Sylvie® 3D Drape Tester rendszerben. Tudomásunk szerint redőződés mérésére ilyen berendezést előttünk senki nem épített és nem alkalmazott. A szabadalmaztatásról az eljárás nehézségei miatt lemondunk.

5 Összefoglalás és további megoldandó feladatok

A munkatervben vállalt feladatokat teljesítettük. Különösen kiemelendő eredménynek tartjuk az anyagviselkedés szimulációjára kidolgozott programot, a szimulációs paraméterek meghatározására létrehozott mérőgépet és programot, valamint a 3D-s ruhatervező rendszer szimulációval való továbbfejlesztését.

További munkát igényel azonban a szimulációs program paraméterei és a valós, mérhető - mechanikai és kelmeszerkezeti - anyagtulajdonságok közötti kapcsolat matematikai statisztikai elemzése.

További munkát igényel a textíliák kényszer, azaz külső erők hatására bekövetkező deformációjának modellezése is. Az elemzések során ugyanis nyilvánvalóvá vált, hogy a textíliák viselkedésének mechanikai-matematikai modellezése minden lehetséges igénybevételi esetre egyetlen módszerrel nem megoldható. Az általunk kidolgozott szimulációs program kiválóan alkalmas a textíliák szabad, azaz a nehézségi erő hatására bekövetkező deformációjának modellezésére, de nem felel meg a különösen műszaki textíliák esetében előforduló kényszer-deformációk kezelésére.

A kényszer deformációk problémájának irodalmát tanulmányozva nyilvánvalóvá vált, hogy e feladat megoldásához a kutatásba feszített tetőszerkezetekkel foglalkozó építészt kell bevonnunk. Így találtunk rá a BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék munkatársának, Hegyi Dezső építészmérnöknek „Ponyvaszerkezetek és ponyvaanyag nemlineáris vizsgálata numerikus és kísérleti módszerekkel” címmel benyújtott PhD munkájára. A kapcsolatot felvettük Hegyi Dezsővel, azonban a többször is csökkentett kutatási támogatás miatt őt a folyó kutatásba bevonni már nem tudtuk. Elhatároztuk azonban egy új OTKA pályázat kidolgozását, amelyben a kényszer deformáció problémáját közös erővel tervezzük megoldani.

Budapest, 2006. február 25.

Dr. Halász Marianna
Témavezető