

PLAN DE REALIZARE A PROGRAMULUI DE CERCETARE

Doctorand: Alexandru Dumitrache

Conducător științific: Prof. dr. ing. Theodor Borangiu

Domeniul fundamental: Științe ingineresti

Domeniul: Ingineria Sistemelor

Denumirea proiectului de cercetare:

Tehnici optimale de descriere completă a formelor complexe 3D prin scanare robotizată în vederea reproducerii inline și a controlului de calitate

Obiective generale:

- Dezvoltarea și optimizarea de algoritmi, tehnici de explorare și soluții pentru achiziția și procesarea primară informațiilor tridimensionale de tip „nor de puncte” în vederea îmbunătățirii calității datelor obținute prin scanare laser;
- Conducerea optimală a unui mecanism redundant cu 7 grade de libertate în vederea scanării laser, respectând un set de criterii de calitate precum netezimea traiectoriei, evitarea coliziunilor, a configurațiilor singulare în lanțul cinematic, reducerea timpului de scanare și a consumului de energie.
- Dezvoltarea unor algoritmi de generare a traiectoriilor pentru mașini de frezat cu comandă numerică pornind de la modele de suprafață de tip hartă de profunzime; optimizarea acestor algoritmi în sensul uniformizării sarcinii sculei așchietoare în timpul frezării, minimizării timpului de frezare și îmbunătățire a calității suprafeței obținute prin frezare;
- Conceperea, testarea și validarea unui set de indicatori de calitate măsurabili prin scanare laser, în scopul efectuării controlului de calitate al pieselor obținute prin prelucrare prin așchiere și al automatizării procesului de reglare, aliniere și calibrare a mașinii de frezare cu comandă numerică;
- Proiectarea și dezvoltarea unui sistem de reproducere a obiectelor existente având suprafețe tridimensionale complexe pe o mașină de frezat cu comandă numerică; implementarea, testarea și validarea algoritmilor menționați pe acest sistem;

Descrierea proiectului

Acest proiect își propune integrarea și optimizarea de tehnici de digitizare a obiectelor existente cu suprafețe tridimensionale complexe, generare automată a traiectoriilor de prelucrare a materialelor brute în vederea reproducerii modelelor 3D disponibile în format digital, cu metode de inspecție bazate pe vederea tridimensională. Rezultatul va fi un sistem integrat de inginerie inversă și prototipare rapidă, reunind o mașină de frezare cu comandă numerică cu 4 axe de mișcare, un braț robotic antropomorfic, o masă rotativă și un senzor laser 3D funcționând pe principiul triangulației.

Etapele realizării proiectului de cercetare

1. Studiu comparativ al tehnicilor de achiziție și prelucrare a informațiilor 3D a obiectelor existente, a metodelor de generare de traiectorii de frezare pornind de la modele tridimensionale și a tehnicilor de inspecție prin vedere tridimensională în vederea controlului calității.

În această etapă se vor studia tehnicile de digitizare tridimensională, cu accent asupra metodelor optice, a strategiilor de prelucrare primară, aliniere și filtrare al datelor obținute prin scanare, de tip nor de puncte, precum și transformarea acestor date în formate utilizabile în medii industriale de tip CAD/CAM. De asemenea, vor fi analizate metodele dezvoltate pe plan mondial pentru reproducerea fizică a modelelor tridimensionale în format digital, precum și tehnicile de verificare a gradului de acuratețe al obiectului fizic obținut, în raport cu modelul ideal disponibil în format digital.

2. Proiectarea, optimizarea și implementarea strategiilor de scanare tridimensională pe un mecanism robotic redundant cu 7 grade de libertate

Această etapă își propune integrarea unui scanner laser, a unui robot industrial antropomorfic cu 6 grade de libertate și a unei mese rotative, obținând un sistem de scanare flexibil care să permită achiziția de informații 3D pe toate fețele unui obiect existent. Deoarece mecanismul de poziționare al scannerului laser în raport cu obiectul scanat este redundant, este necesară proiectarea unei strategii de planificare a mișcării acestui sistem în vederea executării mișcărilor de explorare predefinite (explorare pe grilă, explorare cilindrică sau semisferică), exploatând redundanța pentru a satisface următoarele criterii de calitate:

- netezimea mișcărilor mesei rotative și a brațului robot, limitând viteza și accelerația acestora
- evitarea singularităților în lanțul cinematic
- evitarea coliziunilor dintre brațul robotic, scanner, masa rotativă și obiectul analizat
- minimizarea timpului de scanare

3. Proiectarea, optimizarea și implementarea unui modul software pentru realizarea fizică a modelelor tridimensionale existente în format digital prin frezare pe o mașină numerică; integrarea mașinii numerice și a software-ului dezvoltat în sistemul de scanare laser

În această etapă va fi dezvoltat un pachet software pentru generarea automată a traiectoriilor de frezare pentru o mașină automată comandată numeric. Vor fi dezvoltați algoritmi pentru:

- transformarea modelelor 3D disponibile în format digital (nor de puncte obținut prin scanare sau model de suprafață de tip mesh obținut prin orice metodă) într-un format de tip hartă de profunzime, care poate descrie adecvat suprafețele care se pot obține prin prelucrarea pe o freză verticală cu 3 axe carteziene;
- generarea traiectoriilor de frezare (degroșare și finisare) pentru hărți de profunzime complexe (cu grad ridicat de detalii);

- extinderea metodelor de frezare bazate pe harta de profunzime la mașini de frezat cu mai multe axe de mișcare, inclusiv de rotație
- optimizarea procesului de degroșare în vederea menținerii constante a sarcinii frezei în timpul procesului de prelucrare, minimizării timpului de frezare și obținerii unui grad de calitate ridicat al suprafeței prelucrate

4. Conceperea, testarea și validarea unor indicatori de calitate măsurabili cu ajutorul scanării laser, în vederea verificării calității și toleranțelor pieselor obținute prin frezare și a alinierii automate a mașinii de frezat

În această etapă se va folosi sistemul de scanare laser pentru a evalua calitatea pieselor obținute prin frezare. În mod curent, acest lucru este realizat prin compararea modelului digital în format CAD cu datele obținute prin scanare. Se va urmări dezvoltarea unor indicatori care să permită evaluarea posibilității de îmbinare a două piese pereche. De asemenea, se va avea în vedere dezvoltarea unor indicatori care să evidențieze posibile erori în alinierea mașinii numerice pe care a fost realizată piesa inspectată, și să ofere informații care să ajute la reglarea acesteia. În final se urmărește dezvoltarea unei proceduri de aliniere automată a mașinii de frezare, reducând considerabil atât timpul pierdut de către operator prin alinierea manuală a acesteia, cât și acuratețea în reglarea mașinii.

5. Redactarea tezei de doctorat

Propunere de cuprins:

Introducere

1. Stadiul pe plan mondial al sistemelor de generare a informațiilor 3D pentru descrierea suprafețelor complexe
2. Realizarea pattern-urilor de mișcare combinată senzor – dispozitiv de prezentare a modelelor
3. Achiziția și prelucrarea primară a informațiilor de tip nor de puncte în vederea obținerii unei descrieri de tip hartă de profunzime
4. Metode și tehnici de generare a traiectoriilor de prelucrare pe mașini CNC în vederea reproducerii formelor complexe
5. Descrierea prin trăsături a suprafețelor tridimensionale în vederea efectuării controlului de calitate
6. Rezultate experimentale și concluzii

Bibliografie

6. Susținerea tezei de doctorat

- Susținerea tezei în cadrul Catedrei de Automatică și Informatică Industrială din UPB
- Susținerea publică a tezei