

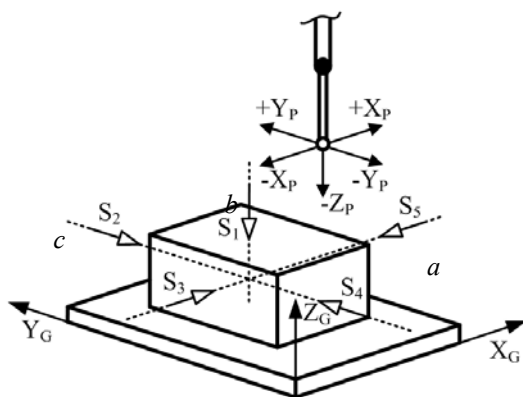
С. Стојадиновић¹, В. Мајсторовић²**ОДРЕЂИВАЊЕ РЕДОСЛЕДА ИНСПЕКЦИЈЕ ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЈСКИХ ПРИМИТИВА НА НУММ***Резиме:*

У раду је представљен метод одређивања редоследа инспекције основних геометријских примитива код кутијастих машинских делова у циљу развоја глобалног плана инспекције, једног од саставних чинилаца интелигентног планирања инспекције на НУММ. Метод је заснован на три међусобно управна правца (пет смерова) приступа мерног пипка и правилима која дефинишу редослед инспекције примитива. Резултат је одређена секвенца инспекције за основне геометријске примитиве као што су равна, цилиндар, купа, торус и сфера, на примеру једног мерног предмета.

Кључне речи: НУММ, основни геометријски примитиви, планирање инспекције.

1. УВОД

Иако потиснуте са развојем ласерске мерне технологије НУММ су још увек незаобилазан фактор у индустрији, нарочито за мерење кутијастих и ротационих машинских делова [1]. У последњих десет година се чини велики напор да се смањи укупно време мерења дела на НУММ кроз развој технологија и софтвера за НУММ. С једне стране то је учињено развојем и имплементирањем нових технологија у мерне главе, као што је VAST (Variable Accurate Scanning Technology) мерна технологија, и с друге стране се чини перманентним развојем софтвера за НУММ кроз смањење интероперабилности и развој у области планирања инспекције. Чини се и напор да се развију интелигентне НУММ [2], међутим критична ствар у овим истраживањима је одређивање позиције и оријентације мерног дела на столу НУММ, јер се анализом слике добијене са CCD камере прави грешка, чија вредност за сада превазилази тачност НУММ. Група истраживача [3,4,5] чини напор да посредно, кроз развој интелигентног система за планирање инспекције за делове који се састоје из основних геометријских примитива (ОГП), допринесе развоју интелигентних НУММ. Уопштени развој заснован на примитивним облицима из којих се састоји машински део се разматра у [6].



Слика 1. Правци приступа мерног пипка

Један од битних сегмената у спроведеним истраживањима је и одређивање редоследа инспекције ОГП. Одређивање редоследа инспекције представља карику између локалног плана инспекције и САД модела дела, који је носилац свих потребних метролошких информација о ОГП, а уз помоћ којих је дефинисан метролошки облик мерног предмета. Локални план инспекције према [7], обухвата декомпоновање метролошких примитива, одређивање броја мерних тачака, локализацију мерних тачака и одређивање оптималне путање мерног пипка. Локализацију мерних тачака се детаљно разматра у [8].

Ако се изузму апликациони протоколи дефинисани STEP стандардом, у метролошком смислу, мост између САД модела дела и глобалног плана инспекције је издвајање ОГП или њихова екстракција. У

¹ Славенко М. Стојадиновић, асистент, Универзитет у Београду, Машински факултет, Катедра за производно машинство, 011/3302-438, sstojadinovic@mas.bg.ac.rs,

² Проф. др Видосав Д. Мајсторовић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет, Катедра за производно машинство, 011/3302-407, vmaistorovic@mas.bg.ac.rs

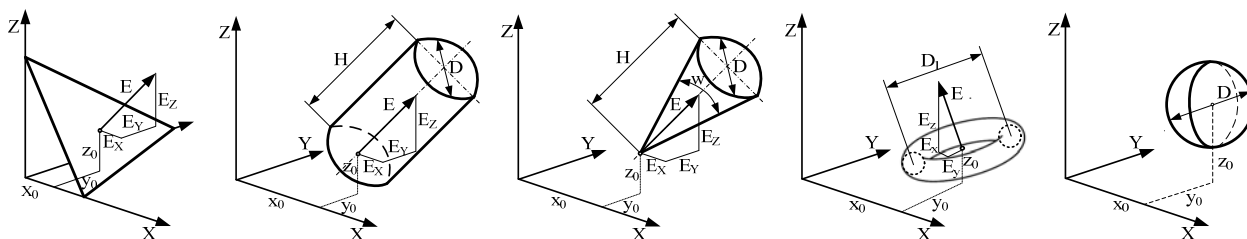
[3,9] дат је онтолошки опис ОГП на бази кога се у објектно оријентисаном окружењу може развити парсер који ће из неког од излазних CAD фајлова узети све потребне метролошке информације и премостити јаз између CAD модела дела и глобалног плана инспекције.

Као што се може закључити из горе наведеног, стратегија плана инспекције на НУММ се састоји из развоја локалног и глобалног плана инспекције. Њиховом развоју предходи развој одговарајуће онтологије за мапирање података датих у неком од излазних CAD фајлова, у циљу њиховог даљег коришћења тј. увођења у глобални и локални план инспекције. Ако се све посматра са становишта скупа делова, при чему се сваки од део може описати са ОГП и захтева да се аутоматски генерише план инспекције, може се говорити о интелигентном плану инспекције.

Планирање инспекције кутијастих делова на НУММ у зависности од броја, позиције и оријентације мерних пипака постављених у мерну главу се углавном врши из три међусобно ортогонална правца a , b и c који су дати на слици 1. Ова претпоставка служи као основа за развој метода одређивања редоследа инспекције ОГП код мерења кутијастих делова на НУММ представљеног у овом раду. Из наведена три правца могу се извести шест могућих смерова приступа мерног пипка (МП). С обзиром да је мерни део неопходно поставити на сто машине један смер приступа мерног пипка (СПМП) се изоставља тако да преостаје пет СПМП: S_1, S_2, S_3, S_4 и S_5 . Сваки од ових смерова има смер који одговара неком од смерова координатног систем МП: $-Z_P, -Y_P, X_P, Y_P, -X_P$.

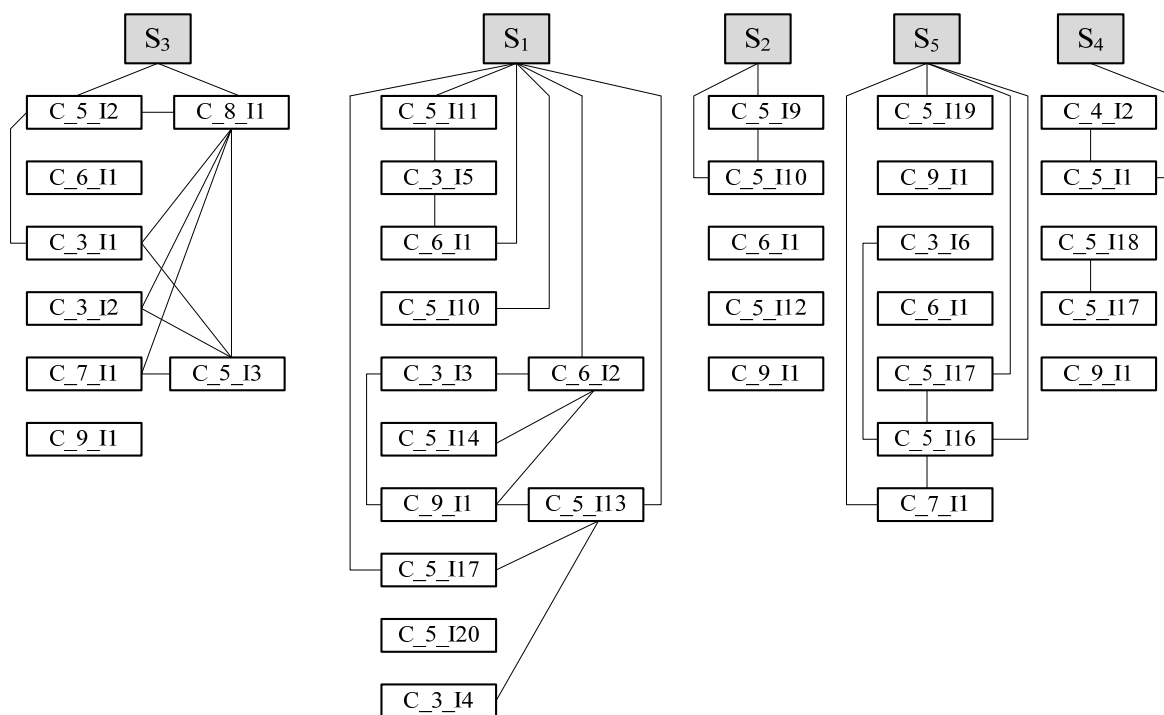
2. МЕТОД ОДРЕЂИВАЊА РЕДОСЛЕДА ИНСПЕКЦИЈЕ ОСНОВИХ ГЕОМЕТРИЈСКИХ ПРИМИТИВА

Метод одређивања редоследа инспекције ОГП, у овом раду, базира се на анализи геометријских релација примитива у три међусобно управна правца (пет смерова). Слична истраживања су спроведана у [7,10], с тим што је разлика у разматраним примитивима. У [7], реч је о облику описаном са седам промеливих параметара, који могу узети вредности из унапред датог скупа вредности. Такође, дефинисан је и СПМП и то двојачко: по висини и по ширини примитива. Предложени метод у овом раду се односи на неке од ОГП (слика 2.) са њиховим параметрима, који их једнозначно одређују, а који се често сусрећу у пракси. За спроведену анализу у овом раду интересантан је правац и СПМП, кога представља јединични вектор датог ОГП. Због поједностављења, не узима се у обзир могућност ротације мерног пипка у мерној глави. Дакле, полазна претпоставка у овом раду је да се правци a, b и c поклапају са правцем вектора E .

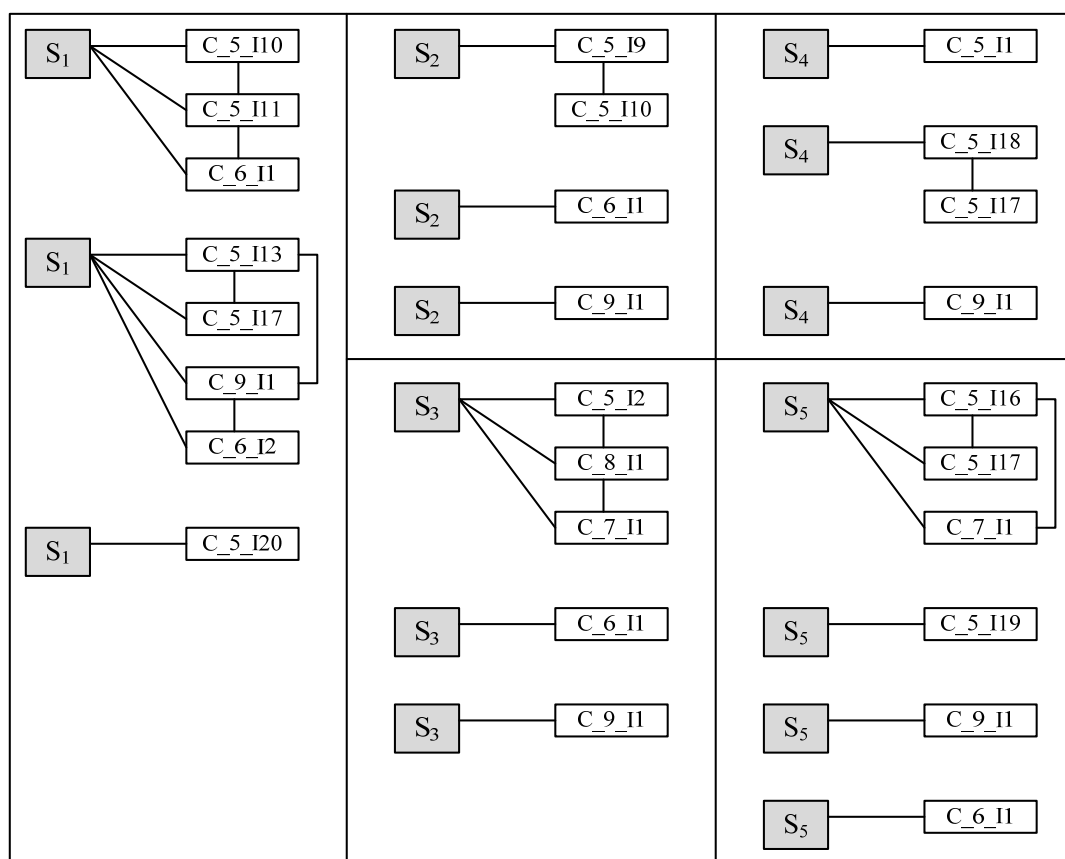


Слика 2. Основни геометријски примитиви са параметрима [11].

Појам геометријских примитива познат је из математике. Према [12] у CAD/CAM технологијама примитиви могу бити: примитиви форме или облика, толеранцијски примитиви и монтажни примитиви. Према [4], дефинише се примитив инспекције који се састоји из једног или више предмета инспекције у зависности од карактеристике квалитета чија инспекција се врши. Стога се може рећи да је један метролошки примитив више специфичан геометријски примитив. Не улазећи у дубљу анализу метролошких примитива, у овом раду се разматрају само неки од ОГП у циљу дефинисања њиховог редоследа инспекције. Наиме, о метролошким примитивима има смисла говорити и тачно дефинисати их тек када буде речи о локалном плану инспекције где се разматра генерисање мерних тачака и чворова, оптималне путање МП итд.

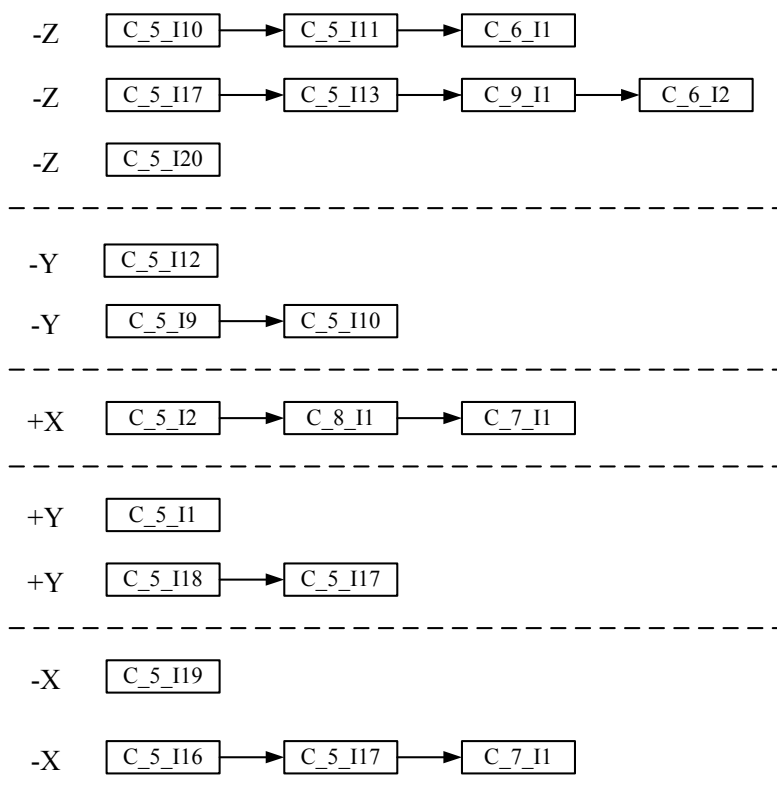


Слика 4. Графичка илустрација правила 1.



Слика 5. Графичка илустрација правила 2.

Правило 3. Првенство инспекције ОГП се одређује на основу груписаних ОГП (правило 2) и СММП. Редослед инспекције ОГП након примене овог правила је дат на слици 6. Лако се уочава да ово правило представља усклађивање основног принципа предложеног метода и групе примитива дефинисаних правилом 2.



Слика 6. Редослед инспекције ОГП

3. ЗАКЉУЧАК

У раду је представљен метод одређивања редоследа инспекције основних геометријских примитива код кутијастих машинских делова у циљу развоја глобалног плана инспекције, једног од саставних чинилаца интелигентног планирања инспекције на НУММ. Добијени резултати указују да се јасним дефинисањем правила може добити иницијални редослед инспекције ОГП, који је потом неопходно оптимизовати. Принцип планирања инспекције кутијастих делова на НУММ заснован на три међусобно управна правца, изложен у овом раду, представља основу за развој оптималног редоследа инспекције ОГП и глобалног плана инспекције на НУММ. Начин описа разматраних ОГП је прилагођен подацима који се налазе у неком од излазних САД фајлова, тако да се њихови параметри могу преузети из поменутих фајлова.

ЗАХВАЛНОСТ

Истраживања изнета у овом раду првенствено се односе на пројекте које подржава Министарство просвете и науке Републике Србије, што се овде посебно наглашава и изражава захвалност на указаној подршци.

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Weckenmann A., Kraemer P., Hoffmann J., *MANUFACTURING METROLOGY – STATE OF THE ART AND PROSPECTS*, 9th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MEASUREMENT AND QUALITY CONTROL (9th ISMQC) November 21 – 24, 2007, IIT Madras.
- [2] G. X. Zhang (I), S. G. Liu, X. H. Ma, J. L. Wang, Y. Q. Wu, Z. Li, Towards the Intelligent CMM, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol. 51, Iss. 1, 2002, pp. 437–442
- [3] STOJADINOVIC, S., MAJSTOROVIC, V., (2012) *TOWARDS THE DEVELOPMENT OF FEATURE – BASED ONTOLOGY FOR INSPECTION PLANING SYSTEM ON CMM*, JOURNAL OF MACHINE ENGINEERING – Manufacturing Precision Processes, Vol.12, No.1, Editorial Institution of the Wroclaw Board, pp. 89-98, ISSN 1895-7595

- [4] C.-Y. Hwang, C.-Y. Tsai, C. A. Chang, *Efficient inspection planning for coordinate measuring machines*, Int J Adv Manuf Technol (2004) 23: 732–742, DOI 10.1007/s00170-003-1642-x
- [5] J. Beg and M. S. Shunmugam, An Object Oriented Planner for Inspection of Prismatic Parts, Int J Adv Manuf Technol (2002) 19:905–916
- [6] Dušan N Šormaz, *Distributed Agent-based Integrative Model for Mass Customization Product Development*, XV International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'11), Novi Sad, Serbia, September 14. – 16. 2011.
- [7] CHO, -W. M., LEE, H., YOUN, G.-S., CHOI, J., (2005) *A feature-based inspection planning system for coordinate measuring machines*, International Journal of Advance Manufacturing Technology 26, pp. 1078–1087, DOI 10.1007/s00170-004-2077-8
- [8] G. LEE, J. MOU and Y. SHEN, *SAMPLING STRATEGY DESIGN FOR DIMENSIONAL MEASUREMENT OF GEOMETRIC FEATURES USING COORDINATE MEASURING MACHINE*, Int. J. Mach. Tools ManufacL Vol. 37, No. 7, pp. 917-9M. 1997, Elsevier Science, PII: S0924-6460(96)00096-X, pp. 917-934
- [9] STOJADINOVIC, S., MAJSTOROVIC, V., (2011) *Metrological primitives in production metrology – ontological approach*, 34th INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION ENGINEERING, 29.-30. September, Nis, Serbia, pp. 167-170, ISBN 978-86-6055-019-6
- [10] Kuang-Chao Fan and Ming C. Leut, *Intelligent planning of CAD-directed inspection for coordinate measuring machines*, *Computer Integrated Manufacturing System*, Vol. 11, No. 1-2, pp.43-51, 1998, PII: S0951-5240(98)00008-1, Elsevier Science
- [11] MAJSTOROVIĆ, V., HODOLIČ, J. (1998) *Numerički upravljane merne mašine*, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo – Novi Sad, ISBN 86-499-0091-7
- [12] Jami J. Shah, Martti Mäntylä, *Parametric and Feature-Based Cad/Cam: Concepts, Techniques, and Applications*, Google books, ISBN 0-471-00214-3, Canada

S. Stojadinovic, V. Majstorovic

DETERMINING THE SEQUENCE OF INSPECTIONS OF BASIC GEOMETRIC PRIMITIVES ON CMM

Summary:

This paper presents a method of determining the sequence of inspections of basic geometric primitives to the boxy machine parts in order to develop a global plan of inspection, as one of the constituent factors of intelligent planning inspection on CMM. The method is based on three (five courses) each other normally directions approach of the measuring probe and rules that define the sequence of inspections primitives. The result is a certain sequence inspections for basic geometric primitives such as plane, cylinder, cone, torus and sphere, an example of a measuring part.

Keywords: CMM, basic geometric primitives, inspection planning