

## Deterministično matematično modeliranje degradacije zmogljivosti platforme v režimih cikličnega obratovanja

Nenad Kapor<sup>1</sup> – Momcilo Milinovic<sup>1</sup> – Olivera Jeremic<sup>1</sup> – Dalibor Petrovic<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerza v Beogradu, Fakulteta za strojništvo, Beograd, Srbija

<sup>2</sup>Univerza za obrambo, Vojaška akademija, Srbija

Na področju strojev za obdelavo površin trenutno ne obstaja poenoten teoretični model za povezovanje spremenljive zmogljivosti strojev v cikličnih delovnih procesih, ki se izkazujejo v vplivu na kontinuirno obdelane površine. Modeliranje v operacijskih raziskavah ponuja določene modele medsebojnih odvisnosti med dvema matematično neodvisnima objektoma. V teh modelih pa ni obravnavan samo en objekt oz. stroj za obdelavo površin kot delovna platforma, ki delovne operacije izvaja ciklično in zaradi vpliva ponavljajočih se ciklov samodegradira. V zasnovanem modelu je bilo privzeta hipoteza, da platforma samodegradira, hitrost degradacije pa je spremenljiva in sorazmerna z realno hitrostjo izvajanja operacij, zmanjšana za tekoče število preostalih neizvedenih operacij z razpoložljivo kapaciteto. Ti vplivi se merijo z določanjem statistične variabilnosti parametrov obdelovane površine.

Glavni cilj članka je ovrednotenje samodegradacije zmogljivosti platforme zaradi vpliva ponavljajočih se ciklov. Projektirane frekvence in funkcijske verjetnosti, ki so vsebovane v vsaki delovni operaciji, se odražajo na kakovosti obdelovanih površin kot funkcija polne kapacitete razpoložljivih operacij na platformi. Predlagani model je zato uporaben pri načrtovanju in spreminjanju kapacitet platforme, kakor tudi pri zahtevah za obdelavo površine. Model, ki je predstavljen v tem članku, je podoben modelom ranljivosti bojnih platform na osnovi koeficienta izgub, ki posredno opisujejo pričakovano degradacijo delovnih zmogljivosti.

Deterministično modeliranje na podlagi osnovnih enačb Lanchestra in Dinnerja je tukaj posplošeno z vsebovano povezavo med parametri. Na novo razviti matematični model degradacije zmogljivosti se dobro ujema tako z eksperimentalnimi meritvami kot z numeričnimi simulacijami. Predpostavljeno je, da so nove spremenljivke in njihove korelacije povezane z zabeleženo zmogljivostjo preizkusnih platform z Gaussovo porazdelitvijo. Relativni raztros verjetnosti parametrov obdelane površine je prevzet kot nova veličina, ki opisuje obdelovano površino, s tem pa postane novo posredno merilo za učinkovitost platforme. Ti raztrosi verjetnosti so bili uporabljeni v novem modelu za simulacije in primerjave z eksperimentalnimi podatki. Razlike med relativnimi vrednostmi obdelovanih površin pri degradiranih in nedegradiranih platformah so bile preračunane na dimenzije novih ustreznih obdelanih površin. Srednji raztros verjetnosti PDav kot merilo degradacije površine je določen eksperimentalno in s simulacijo. Model potrjuje hipotezo, da je učinek degradacije funkcija kapacitete platforme, frekvence izvajanja operacij in števila razpoložljivih ciklov. Vpliv degradacije je v preračunu upoštevan z ekvivalentnim zmanjšanjem števila operacij s polno kapaciteto, ki se odraža na lastnostih obdelanih površin.

Predstavljeni rezultati kažejo tudi nasičenje relativne degradacije, vendar pri vsaj 40 operacijah. Te vrednosti so enakega velikostnega reda kot pri testih drugih avtorjev na podobnih strojih.

Simulacije so bile opravljene s programskim paketom MATLAB in njihovi rezultati so bili primerjani z rezultati eksperimentov. Pri simulacijah sta bili uporabljeni naslednji osnovni predpostavki:

- Predstavljenost zmogljivosti platforme, kot sta kapaciteta operacij in število operacij, so bile uporabljene za eksperimentalno modeliranje. Ti podatki so bili uporabljeni pri modeliranju degradacije platforme.
- Numerični in eksperimentalni podatki so potrdili model degradacije za več platform z različnimi seti kapacitet operacij. Privzeto je bilo, da ima en cikel 8 operacij in da se izvede v nazivnem času 4,4 sekunde.

Novost predstavljenega pristopa je v uporabi prilagojenih determinističnih enačb, ki so povezane na inovativen način. Te enačbe so v literaturi uporabljene za opis medsebojnih vplivov objektov kot funkcije časa izvajanja procesa. Časovna funkcija je po pristopu v literaturi odvisna od zmogljivosti obeh objektov. V našem pristopu pa en objekt vzporedno izvaja dve operaciji: ena je sam delovni proces, druga, parazitna, pa je samodegradacija v odvisnosti od delovnega procesa. Novi pristop povezuje deterministične enačbe za opis tega pojava in merjenje sprememb učinkovitosti platforme.

Nadaljnje raziskave na tem področju se lahko usmerijo v razširitev eksperimentalnih podatkov za izpolnitev simulacijskega modela ustrezno vrsti specialnih strojev in obdelovanim površinam.

**Ključne besede:** cikli, operacije, specialni stroji, verjetnost, deterministično modeliranje