

## Приложение на генетични алгоритми за оптимизиране на технологичната операция в CAM среда

Иво Атанасов, Десислава Атанасова

**Application of genetic algorithms for technological operation optimization in CAM environment:** *The aim of the paper is the design of a computer-aided, intelligent and genetic algorithm (GA) based programming system for CNC cutting tools selection, tool sequences planning and optimization of cutting conditions. A case study was made for the turning operation of a rotational part. The results show that the GA based programming has a higher efficiency.*

**Key words:** *CNC programming, GA, Intelligent CAM, Turning, Tool path generation*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Методът за ЦПУ програмиране с използване на конвенционалните CAD/CAM системи, достъпни на пазара, изисква много време и добре обучени кадри. Програмистът трябва да знае всички данни за използваните машини, инструменти, обработван материал, условия за рязане, охлаждане, машинна планировка и др. Принципа на този метод е описан в [2].

Разработването на CAM система с вградена интелигентност изостава от предлаганите CAD системите към потребителите. Причината е високата комплексност, претенциозност и неопределеното естество на технологичния процес.

Целта на доклада е разглеждането на разработена компютърно базирана програма за ЦПУ, интелигентна, основана на генетичните алгоритми (ГА) за изграждане на система за избор на режещ инструмент, планиране на последователността на използване на инструментите и оптимизиране на условията за рязане. Този тип система би могла да оформи интелигентна, автоматизирана оптимална машинна обработка на базата на „part” модел от CAD система. Данните се получават от стандартна CAD система по такъв начин, че пътя на преместване на инструмента да е минимален. По време на обработка се взимат предвид и технологичните ограничения и функциите за годност на конкретните производствени условия. Произведените детайли са по-евтини от тези, произведени по стандартния метод. Намалени са изискванията за високо квалифициран специалист по CAD/CAM системи и програмиране на ЦПУ машини.

### 1. Състояние на проблема

В [3] се предлагат системите, работещи автономно и полуавтономно в неопределени условия с минимално управление и взаимодействие с човек-оператор, които като цяло да се наричат интелигентни системи. В [4] авторите описват, че такива системи се ръководят чрез контрол със специфични характеристики, техники и методи, основно определени като йерархични структури в реда на интелигентност и обратен ред на прецизност. Повечето опити да се разработят интелигентни системи са сведени основно до използване на човешката логика и евристика (предположения, базирани на логиката) в опит да се имитират функциите и активността (дейността) на човешкия мозък. Алтернативния подход е аналитичния, предложен в [5].

Valis и др. [2], [3] описват, че интелигентността е пряко свързана с обучението, адаптацията към непредвидени ситуации, самоорганизираността и времето за реакция. Това е вътрешна функция и механизъм на системата, която разработва разширени характеристики, генерира и избира мрежа от алтернативни действия, базирани на събрани предварително натрупани знания.

От тогава техниките и методите на изкуствения интелект са въведени във всички сфери на инженерната дейност, а също така и в CAD/CAM системите. В

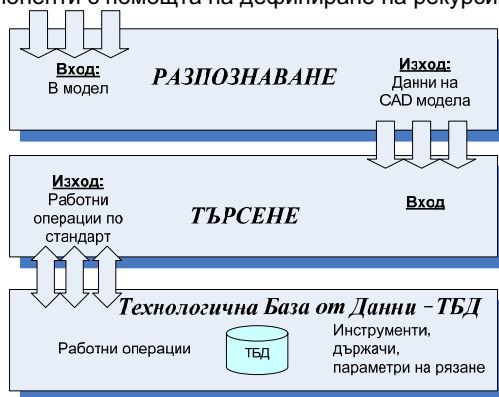
последните изследвания генетичните алгоритми се прилагат все повече. Те се доказаха като ефективен оптимизационен инструмент за многокритериални и многопараметрични проблеми. Силата им е в произволното търсене, скрито в имитацията на принципите на естествената еволюция. ГА се доказаха като ефективно средство за решаване на трудни проблеми в различни сфери на инженерния дизайн.

Най-важната част от интелигентните САМ системи е автоматичното генериране на последователността на работа на използваните режещи инструменти. Трябва да се вземат предвид различните ограничения, като геометрията и материала на режещия инструмент, обработваемия материал, технологичните операции, машината, приспособления, вид на MOT и др.

## 2. Разработване на ГА-базиран модел за ЦПУ програмиране

### 2.1. Основа на модела

Новата интелигентна ГА-базирана система за ЦПУ програмиране е разработена на базата на [5]. Първата стъпка е разпознаване на геометричните характеристики и класификация. Системата за разпознаване и оптимизация се състои от две основни части и работи на два етапа. Всичко започва с обработване на CAD part-модела, с цел да се анализира формата и всички характеристики на геометричните форми (фиг. 1). В тази система началните 3D-части са представени с ограничителните линии (В-представяне). Първият блок – **разпознаване** – може да разпознава различни видове геометрични елементи, но специално внимание се отделя на разпознаването и класифицирането на подробни (ясно изразени) технологични компоненти с помощта на дефиниране на рекурсивни функции.



Фиг.1 Базова структура на модела, базиран на генетични алгоритми

Исходните данни от I-ви блок – **разпознаване** представляват вход за следващата II част – **търсене**. Тя взема изчислените геометрични данни от **разпознаване** и започва търсене на подходяща обработваща операция в технологичната база от данни (ТБД) чрез сравняване на оригиналните данни от модела с препоръчаните данни за съхранените достъпни инструменти в производствената система. Структурата на технологичната БД е определена на базата на избраната работна операция. Тя е систематично разделена според DIN стандарта (DIN8580), в зависимост от различните обработващи процедури. Структурата представя среда за комплексна оптимизация, в която може да бъде направена оптимизация на решенията за конкретния технологичен процес.

### 2.2. Структура на новия модел

Новата разработена интелигентна CAD/CAM система за програмиране на CNC машини е описана по-детайлно в [1]. Входът на системата е CAD модел на частта.

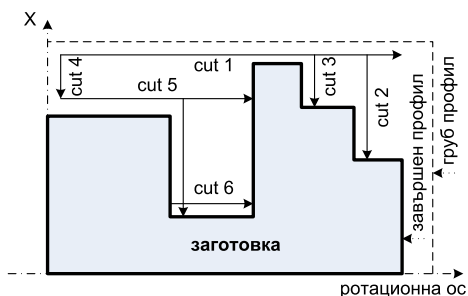
На базата на разпознати характеристики, модулът за ГА-базирано определяне на технологичните данни се стартира, за да определи режещите инструменти, параметрите на рязане (в зависимост от материалите на обработваната заготовка и на режещия инструмент) и подробно планиране на траекторията на инструмента. След това се включва пост-процесирането и преобразува данните за траекторията, които до този момент са неутрални, за конкретната комбинация ЦПУ – вид на металорежещата машина.

### 2.3. Планиране на струговите операции

Позволените движения на режещия инструмент по време на рязане са в положителни X и Z оси. Преходите на операцията струговане, използвани в разработения модел са:

- обстръргване по основната Z-ос;
- подрязване с напречно подаване по X оста;
- комбинация от двете операции.

Позволеното движение на държача на инструмента е във всички посоки, докато режещия връх не е в контакт с обработвания материал и няма да предизвика допир на инструмента и материала. Обработваната заготовка е въртящия се елемент. Опростен модел е показан на (фиг. 2). Той е представен чрез завършения профил, докато необработения материал е представен чрез необработен профил. Двата профила са предварително дефинирани в CAD система (примерно SolidWorks).



Фиг.2 Опростен модел на обработка

Материалът, който ще бъде премахнат, се отделя в няколко сегмента, наречени cut1, cut2,..., cut7, според позволеното движение на режещия инструмент. Приема се, че детайла може да бъде обработен чрез прилагане на тези движения на режещия инструмент на струга с ЦПУ. Целта на предлагания алгоритъм е да се намери оптимална комбинация на движение на инструмента, без външна „интервенция“ на добър CNC програмист.

При оценяване на изчислените резултати (генерираните NC програми) се взимат предвид няколко правила и ограничения, които представят функцията на годност, като се взема предвид:

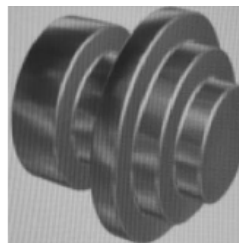
- (a) Rapid – позициониращо (бързо) движение на режещия инструмент. Това движение на инструмента е разрешено във всички посоки, които са в работната площ и са „свободни“ от колизия с работния детайл;
- (b) Движение при рязане – обработването е позволено само в посока +Z и – X оси;
- (c) Колизия на режещия инструмент с работния детайл – в този процес се взема в предвид също и намаляването на профила на заготовката, поради обработването на дребни елементи. Всички неразрешени

позиции на режещия инструмент предизвикват аларма. Само движения, които не водят до колизия, се маркират като добри;

- (d) Намаляване на позициониращите ходове до минимум – нов проход се генерира, ако обстъргващата процедура (NC програма) не премахва целия материал. Само NC програми с минимум позициониращи ходове се приемат за добри. Най-добрата обработваща стратегия при струговане е обработването на заготовката в един работен цикъл;
- (e) Запомняне на зона на заготовката, обработвана на предното движение – всички движения на инструмента са записани и съхранени за следващо изпълнение на ГА. Ако процедурата на ГА открие преместване на инструмента, което вече е записано, то следващото преместване ще бъде генерирано от това ниво. По този начин ГА може да разпознае материала, премахнат от предишния проход по заготовката;
- (f) Свеждане на машинното време до минимум – машинното време се изчислява от движението на инструмента, като се вземат предвид рязането и позициониращото преместване. Движенията на инструмента, при които се появява колизия на режещия инструмент, не се приемат за добри.

### 3. Пример

Реализиран е пример за струговане на ротационния детайл от (фиг. 3). За да се произведе този детайл, първоначално е направена ЦПУ програма за струговане по стандартния начин с помощта на търговска CAD/CAM система от професионален CNC инженер. Моментни преходи (етапи) на анимацията, направени за конвенционалното генериране на път на инструмента, на няколко нива на обработка на движението на режещия инструмент, са показани на (фиг.4).



Фиг. 3 CAD модел на детайл за струговане

След това беше направено програмиране на същия детайл с приложение на стратегия, базирана на функционирането на ГА. Дефинирането на материала на заготовката, началната и крайна точка на движение на инструмента са същите, както и при стандартното ЦПУ програмиране. След тези дефиниции, ГА процеса започва да генерира група от ЦПУ програми. Направени са моментни преходи (снимки на етапите) на генерирането на път на инструмента за най-добрия вариант на организация на ЦПУ програма на същите нива, както и при предния (фиг.4а).

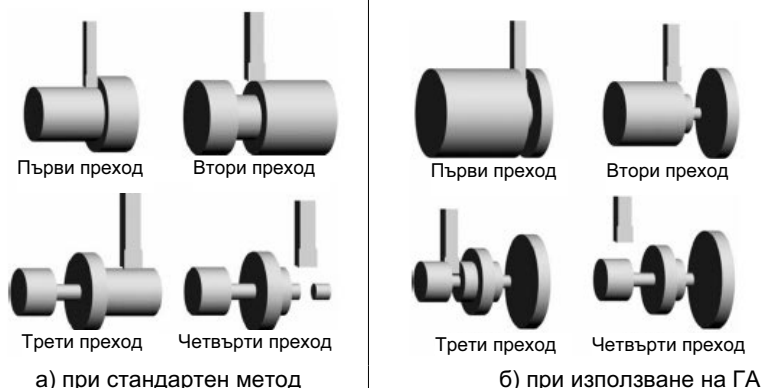
Сравнявайки (фиг. 4а) и (фиг. 4б) е ясно, че метода, базиран на ГА, използва съвсем различен подход и стратегия на обработка от стандартния метод. Отделните преходи са направени на едни и същи етапи и за двата метода. Главната цел на оптимизацията с ГА е да генерира най-краткия път на инструмента, с който да се обработи детайла. Всеки отрез или път на инструмента се състои от няколко основни движения. Броят на основните движения на инструмента, необходими за производството на даден детайл, са мярка за КПД на ЦПУ програмната система. По-малък брой такива премествания на инструмента означава по-високо КПД и по-кратко машинно време, което означава намаляване на производствените разходи.

### 4. Изводи

Ключовите предимства на новоразработения модел са:

- Въвеждане на ГА-базиран алгоритъм за генериране на група и довършителна стратегия на движение на инструмента за обработване на ротационни детайли със струг с ЦПУ;

- Алгоритъма е универсален и има възможност за адаптация към променяща се среда;



Фиг. 4 Технологични преходи за обработване на детайла

- Може да бъде използван в разработване на системи за програмиране и на други обработки с ЦПУ ;
- Открива колизии на режещия инструмент с обработвания детайл и решава дали детайла може да бъде произведен с конкретния обработващ инструмент и др.

Тестването на този алгоритъм показва намаляване на машинното време с около 16%.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Атанасов И., Макропрограмиране за типови ротационно - симетрични детайли в среда CAD/CAM, Сборник доклади от АДП 2009, Созопол, 2009, 507-512
- [2] Balic, J., Intelligent CAD/CAM systems for CNC programming – an overview, *Advances in production engineering & management*, Vol. 1, №1, 2006, 13 – 22
- [3] Balic, J., Valavanis, K.P., Tsourveloudis, N., & Ioannidis, S., *Intelligent manufacturing systems: programming and control.*, Maribor: Faculty of Mechanical Engineering; Chania: Technical University of Crete, 2003
- [4] Brezocnik, M., & Drstvensek, I., Intelligent CAD-CAP interface based on feature recognition and genetic algorithm = Inteligentné CAD-CAP rozhranie založené na rozpoznávaní prvkov a genetickom algoritme. *Komunikácie (Žilina)*, ročník 2(1), 2000, 32–38
- [5] Meystel, M., Intelligent control in robotics. *Journal of Robotic Systems*, 5(4), 1998
- [6] Drstvensek, I., Brezocnik, M., & Balic, J. (1999). GA work operation determination based on feature recognition, Vienna University of Technology (pp. 129–130). Vienna: DAAAM International.

#### За контакти:

Гл.ас.инж. Иво Атанасов, катедра “ТММРМ”, МТФ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082 888 469, e-mail: [iatanasov@ru.acad.bg](mailto:iatanasov@ru.acad.bg)

Гл.ас.д-р инж. Десислава Атанасова, катедра “ИИТ”, ФПНО, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082 888 326, e-mail: [datanasova@ami.ru.acad.bg](mailto:datanasova@ami.ru.acad.bg)

Докладът е рецензиран.