



## VYUŽITELNOSŤ GENETICKÉHO ALGORITMU PRI OPTIMALIZÁCIÍ DEMONTÁŽE VÝROBKOV

## USABILITY OF GENETIC ALGORITHM IN THE OPTIMIZATION OF PRODUCT DISASSEMBLY

Juraj ŠEBO

**Abstract:** The aim of the article is to describe the possibilities of genetic algorithm in the optimization of disassembly sequence. There is briefly described genetic algorithm and its essential characteristics. There are also described the specific steps of the application of genetic algorithm in the optimization of product disassembly. Based on experience with multiple application of genetic algorithm in the optimization of disassembly of specific products and in comparison with other optimization methods (algorithms) we identify its advantages and disadvantages.

**Abstrakt:** Cieľom článku je popísať možnosti genetického algoritmu v oblasti optimalizácie demontážneho postupu. Je tu stručne popísaný genetický algoritmus a jeho základné charakteristiky. Je tu tiež popísaný konkrétny postup aplikácie genetického algoritmu pri optimalizácii demontáže výrobku. Na základe skúseností s viacnásobným aplikovaním genetického algoritmu pri optimalizácii demontáže konkrétnych výrobkov a v porovnaní s inými optimalizačnými metódami (algoritmami) tu identifikujeme jeho výhody a nevýhody.

**Keywords:** genetic algorithm, optimization, disassembly, product.

**Kľúčové slová:** genetický algoritmus, optimalizácia, demontáž, výrobok.

### Úvod

V súčasnej dobe v súvislosti s rastom významu recyklácie a repasovania v určitých oblastiach hospodárstva rastie aj význam demontáže a potreby jej optimalizácie.

### Demontáž a jej optimalizácia

Demontáž je potrebné vnímať v kontexte činností pri nakladaní s dožitým výrobkom s ktorými súvisí a to najmä repasovaním a recykláciou.

Demontáž nemôžeme automaticky chápať ako reverznú (obrátenú) montáž. Nájdeť medzi nimi niekoľko odlišností. Pri demontáži nie je potrebná taká miera precíznosti ako u montáže, najmä ak sú demontované časti určené na recykláciu, existuje tu neistota ohľadom kvality a na rozdiel od montáže nemusí byť vykonaná úplná demontáž. [1]

Hľadanie optimálneho demontážneho postupu je z globálneho pohľadu závislé od zvoleného kritéria optimalizácie a to či sa jedná o optimalizáciu z hľadiska ekonomického (obmedzeného na nejaký subjekt alebo proces), celospoločenského alebo environmentálneho. Niektoré modely preto pri optimalizácii riešia optimálny postup z ekonomického hľadiska, pričom ale umožňujú do modelu vložiť aj environmentálne kritériá (napr. minimálne úrovne definované environmentálnou legislatívou). Celospoločenské kritérium odráža optimálny postup demontáže vzhľadom na najvyšší rozdiel medzi celospoločenskými úžitkami a nákladmi. Komplikuje to však potreba ocenenia celospoločenských úžitkov.

Optimalizáciu demontáže je možné realizovať pomocou viacerých metód. V dostupnej literatúre v oblasti plánovania demontáže, ktorá zvyčajne zahŕňa tiež optimalizáciu



demontážneho postupu, sú prezentované rôzne optimalizačné algoritmy. Viaceré články v oblasti optimalizácie demontážneho postupu sú zamerané na lineárne programovanie. Niektoré články sú zamerané na iné (resp. neštandardné) optimalizačné techniky, ako napríklad genetické algoritmy a neurónové siete. Existujú aj iné prístupy k plánovaniu demontáže, ktoré sú založené napríklad na predchádzajúcich prípadoch (angl. case-based reasoning). V tomto článku sa budeme ďalej zaoberať iba genetickými algoritmami respektívne ich využiteľnosťou pri optimalizácii demontážneho postupu.

### Popis genetického algoritmu

Genetické algoritmy patria do skupiny evolučných algoritmov, ktoré okrem iného zahŕňajú evolučné programovanie, evolučnú stratégiu a genetické programovanie. Sú to vyhľadávacie algoritmy založené na mechanizme prirodzeného výberu a princípoch genetiky.

Prehľadávanie stavového priestoru si obvykle vyžaduje vyváženie dvoch protichodných požiadaviek, zameranie prehľadávania do sľubných oblastí a čo najúplnejšie prehľadanie celého stavového priestoru. Genetické algoritmy sú prehľadávacie metódy pre všeobecné použitie (nie sú závislé na type riešeného problému). Dá sa u nich nastavením parametrov upraviť rovnováha medzi zameraním na sľubné oblasti a prehľadávaním čo najväčších častí stavového priestoru. Obe tieto vlastnosti používajú genetické algoritmy na svoj prospech. [2] K riešeniu určitého problému pomocou genetických algoritmov je treba splniť nasledujúce požiadavky [3]:

- nájsť vhodnú reprezentáciu potenciálnych riešení problému (vhodne zvoliť „formát“ chromozómu),
- nájsť spôsob, ako vytvoriť počiatočnú populáciu chromozómov, aby predstavovali prípustné riešenia,
- zostaviť ohodnocovaciu funkciu, vďaka ktorej budeme schopní rozhodnúť, ktorý jedinec je „lepší“ a ktorý „horší“,
- zvoliť alebo vytvoriť vhodné genetické operátory, ktoré ovplyvňujú tvorbu nových potomkov,
- vhodne nastaviť rôzne parametre používané v genetických algoritmoch (veľkosť populácie, pravdepodobnosť uplatnenia genetických operátorov, a pod.).

V mnohých prípadoch genetické algoritmy môže mať tendenciu zbíhať smerom k miestnemu optimu alebo dokonca k ľubovoľným bodom skôr než ku globálnemu optimu problému. Pravdepodobnosť, že k tomu dôjde, závisí na tvare ohodnocovacej (fitness) funkcie. Pri riešení niektorých problémov môže tento algoritmus jednoducho nájsť globálne optimum, pri iných problémoch lokálne optimum. Tento problém je možné zmierniť napríklad pomocou zvýšenej miery mutácie alebo pomocou výberu techník, ktoré udržujú pestrosť riešenia (populácie). Neexistuje však žiadne všeobecné riešenie tohto problému. [4]

### Postup aplikácie genetického algoritmu pri optimalizácii demontážneho postupu

Pri optimalizácii demontáže sa využíva špecifický typ genetického algoritmu a to genetický algoritmus so zachovaním prednostných vzťahov.

Pri praktickej aplikácii genetického algoritmu môžeme aplikovať nasledujúci postup, ktorý vychádza z metodiky prezentovanej v článku Kongara a Guptu [5]:

1. Na zistenie počtu a druhu súčiastok je potrebné experimentálne rozobrať výrobok. Počas (resp. po) demontáži zapisujeme smer demontáže jednotlivých súčiastok (+/-x; +/-y; +/-z), spôsob odoberania jednotlivých súčiastok (D-deštruktívne, N-nedeštruktívne) a stanovujeme, či je alebo nie je dopyt pre jednotlivé súčiastky z



hľadiska materiálu, z ktorého sú vyrobené (D-je dopyt, N- nie je dopytu). Po demontáži vytvoríme diagram štruktúry výrobu, z ktorého identifikujeme prednostné vzťahy a podmienky demontáže.

2. Vytvoríme pôvodnú populácie 10 „jedincov“ tak, aby každý „jedinec“ mal odlišné poradie "génov" (t.j. že žiadne dva "jedince" v pôvodnej populácie nie sú rovnaké) a zároveň, aby boli dodržané prednostné vzťahy a podmienky demontáže.
3. Vypočítame „fitnes“ pre všetkých „jedincov“ súčasnej populácie. (Poznámka. V prvom kole sa súčasná populácia = pôvodnej populácii.)
4. Vyberieme zo súčasnej populácie päť „jedincov“ s najvyššou „fitnes“, ktoré naklonujeme, a tak dostane 10 „jedincov“ - 10 rodičov.
5. Na súčasnú populáciu (10 rodičov) aplikujeme genetické operátory (kríženie a mutácia), a tak vytvoríme novú generáciu (populáciu) - 10 detí.
6. Testujeme "stop" podmienky (poradové číslo generácie a pomerový ukazovateľ). Pri splnení prvej zo stop podmienok proces generovania nových generácií zastavíme. (Poznámka. Niekedy môže byť vhodné urobiť zmenu pôvodnej metodiky v zmysle nerešpektovania "stop" podmienky - pomerový ukazovateľ.).
7. „Jedinec“ (t.j. špecifické poradie súčiastok pri demontáži) s najvyššou dosiahnutou hodnotou „fitnes“ vo všetkých generáciách predstavuje optimálny demontážny postup.

### **Výhody a nevýhody aplikácie genetického algoritmu pri optimalizácii demontážneho postupu**

Jednou z hlavných nevýhod optimalizácie prostredníctvom genetického algoritmu je, že nedokáže zväziť alternatívu selektívnej demontáže, pretože vždy vyhodnocuje riešenie vzhľadom na demontáž všetkých súčiastok (optimalizuje iba ich postupnosť). V praxi je práve selektívna demontáž prevažujúcou alternatívou nad úplnou demontážou (oddelením všetkých samostatných súčiastok). Slabinou tejto konkrétnej metodiky aplikácie genetického algoritmu je tiež diagram zachytávajúci štruktúru výrobu, ktorý neumožňuje zachytiť niektoré skutočné vzťahy súčiastok, čo môže viesť k potrebe zjednodušenia reálnej štruktúry výrobu. Nevýhodou genetického algoritmu môže byť aj sklznutie do lokálneho optimum (resp. otázna istota či sme našli globálne optimum). Oproti niektorým modelom (napr. založeným na lineárnom programovaní) táto metodika aplikácie genetického algoritmu neposkytuje žiadne informácie o tom, ako zaobchádzať s demontovanými komponentmi a tiež neposkytuje žiadne informácie o ekonomických parametroch (zisku/strate). Za výhodu genetického algoritmu by mohla byť považovaná forma výstupu, ktorý má tvar poradia súčiastok, takže je jednoduché ho použiť v praxi napríklad pri demontáži výrobu. Ak chceme v prípade zložitejších produktov spočítať všetky kombinácie v modeli založenom na lineárnom programovaní môže byť potenciálnou výhodou genetického algoritmu doba výpočtu. Ak však aplikujeme metódu vetiev a hraníc v modeli založenom na lineárnom programovaní táto výhoda už nemusí byť relevantná. (spracované podľa [6])

### **Záver**

Vzhľadom na rast významu recyklácie a repasovania v určitých oblastiach hospodárstva rastie aj význam demontáže a potreby jej optimalizácie. Hľadanie optimálneho demontážneho postupu je z globálneho pohľadu závislé od zvoleného kritéria optimalizácie. Optimalizáciu demontáže je možné realizovať pomocou viacerých metód, napríklad genetickým algoritmom. Genetické algoritmy patria do skupiny evolučných algoritmov. Pri optimalizácii demontáže sa využíva špecifický typ genetického algoritmu a to genetický algoritmus so zachovaním



prednostných vzťahov. Viacnásobná praktická aplikácia genetického algoritmu na demontáž konkrétnych výrobkov a v porovnaní s inými optimalizačnými metódami (algoritmami) nám odhalila jeho nasledovné výhody a nevýhody. Jednými z hlavných nevýhod optimalizácie prostredníctvom genetického algoritmu sú, že nedokáže zväziť alternatívu selektívnej demontáže, sklzávanie do lokálneho optima a tiež diagram nezachytávajúci reálnu štruktúru výrobku. Oproti niektorým iným optimalizačným metódam (napr. založeným na lineárnom programovaní) táto metodika aplikácie genetického algoritmu neposkytuje žiadne informácie o tom, ako zaobchádzať s demontovanými súčiastkami a aké sú ekonomické parametre demontáže. Na druhej strane, za výhody genetického algoritmu by mohli byť považované forma výstupu (t.j. poradie súčiastok) jednoducho použiteľná v praxi a za určitých predpokladov kratšia doba výpočtu oproti iným metódam.

### Pod'akovanie

Tento príspevok bol podporený výskumným grantom VEGA 1/0879/13 (Agilné, trhu sa prispôsobujúce podnikové systémy s vysokoflexibilnou podnikovou štruktúrou).

### Použitá literatúra

- [1] LAMBERT, A.J.D. "Linear programming in disassembly/clustering sequence generation," *Computer and Industrial Engineering*, no. 36, pp. 723-738, 1999.
- [2] POŠÍK, P. "Genetické algoritmy," 2000. [Online]. Available: <http://labe.felk.cvut.cz/~posik/pgs/theory/ga-theory.htm>. [Accessed 2015].
- [3] KVASNIČKA, V. "Genetický algoritmus," CHTF STU, Bratislava, 1998.
- [4] Wikipedia, "Genetic algorithm," [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_algorithm). [Accessed 2015].
- [5] KONGAR, E and GUPTA, S. M. "Genetic Algorithm for Disassembly Process Planning," in *Proceedings of the SPIE International Conference on Environmentally Conscious Manufacturing II*, Newton (Massachusetts), 2001.
- [6] ŠEBO, J., SZABÓOVÁ, V. and KOVÁČ, J. "Testing the genetic algorithm suitability for disassembly sequence optimization in a case of recycling of obsolete mobile phones," *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 2015.

### Kontakt

doc. Ing. Juraj Šebo, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva a manažmentu, Nemcovej 32, 040 01 Košice, Slovensko

e-mail: [juraj.sebo@tuke.sk](mailto:juraj.sebo@tuke.sk)

Strana: 4

Strana: 4

Strana: 4

Strana: 4