

VYBRANÉ METÓDY UMELEJ INTELIGENCIE NA RIEŠENIE OPTIMALIZAČNÝCH ÚLOH TECHNOLOGICKÝCH PROCESOV

Peter Šebej

Abstrakt

V článku sú priblížené vybrané metódy umelej inteligencie. Tie budeme implementovať pri riešení úloh optimalizácie technologických procesov s aplikáciou ich zovšeobecnených matematických modelov.

Key words: evolučné výpočty, genetické algoritmy, optimalizačné úlohy, umelé neurónové siete, kolaboratívne riadenie, multiagentové riadenie, rastriginová funkcia

JEL Code: C610, L210, O330

Úvod

Od polovice minulého storočia sa do teórie riadenia dostávajú nové prostriedky a nástroje dynamizácie vývoja vedy. Tiež sa bol vyvíjaný a nakoniec sa objavil mikroprocesor. Tento prvý predstaviteľ dáva podnet pre rozvoj mikroprocesorovej revolúcie (od tohto obdobia sa uplatnili ďalšie moderné informačné technológie teoreticky rozpracované už skôr), teraz sú širšie zahrnuté aj komplexné analýzy a procesy zberu uchovávaní, spracovania, distribúcie údajov a informácií. Je pochopiteľné, že prirodzeným spôsobom vznikajú nové vedecké poznatky a materiálna báza pre realizáciu nových metód práce s aplikáciou netradičných postupov pre realizáciu riešenia úloh neočakávanými technológiami a ich efektívne používania v oblasti vedy techniky, ekonomiky priemyslu a služieb.

V tejto etape technologického rozvoja charakteristickej úrovňou výpočtových prostriedkov, slúžiacich pre riadenie technických zariadení, vedy a rôznych ďalších odvetví praxe. Súčasný stav nám dovoľuje implementovať v týchto úlohách vzory rôznych prejavov *prirodzenej inteligencie prírody* a samozrejme aj človeka. Obraz štruktúry „mysliacich orgánov“ počínajúc väzbami, bunkami, cez mozgy živočíchov až po človeka je praktický nevyčerpatelným zdrojov a podnetov inšpirácii. Významným potenciálom je predloha spôsobu, akým sa (živá) príroda zdokonaľuje od najjednoduchších zmien až po tie najkomplikovanejšie, ktoré globálne zahŕňa označenie (biologická) evolúcia.

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

Reálne nasadenie, použitie vlastností, vzorov a princípov prirodzenej inteligencie do technických, ekonomických a spoločenských disciplín a zariadení, označujeme „IQ Machina“, tiež „AI Machina“. V podstate to vyjadruje iba napodobovanie prirodzenej inteligencie, nie jej mieru v analyzovanom technickom „organizme“. Do bádania v tejto perspektívnej oblasti sú zapojení vedci širokého spektra disciplín nazývaných umelá inteligencia (UI), artificial intelligence (AI). Umelá inteligencia v oblastiach kybernetiky, informatiky, riadenia sa rozvíja a vyžíva vo viacerých smeroch. Spomenieme niektoré: Fuzzy systémy, umelé neurónové siete, evolučné výpočtové metódy, genetické algoritmy a mnoho ďalších. Spomenuté smery sa tiež zvyknú označovať anglickým termínom „Soft Computing“, ale tiež viacero ďalších pojmov „Computational Intelligence“ (Výpočtová inteligencia). Často nerozlišujeme medzi charakteristickými typmi riadenia „Collaborative Steering“ (Kolaboratívne riadenie), „Multi-agent Steering“, (Multiagentové riadenie).

Stručne charakterizujeme segmenty umelej inteligencie – Soft Computig. *Fuzzy logika* je matematický prístup (princíp), ktorým sa pokúšame napodobovať jednu časť ľudského uvažovania, hodnotenia javov a ich vlastností ako aj objektov a tiež spôsob rozhodovania, ktoré sú zobrazované akoby ľudskou rečou (myslením). V skutočnosti je to reprezentácia znalosti, so škálovaním (kvantifikáciou) prijímanej a spracovanej informácie nie exaktným, vágnym, neostrým vyjadrením, podobne ako je to obvykle v ľudskej reči, komunikácii, neverbálnych pokynoch, pohľadoch (napr. nevysoký, pomaly, strašne veľa, ako ďas, ...). Takže *Fuzzy logika* je nástroj, ktorý dokáže ľudské konanie exaktne – počítačovo zobrazovať, spracovať a prezentovať informácie a znalosti, vyjadrovať a vykonávať tak, akoby to vykonával a interpretoval človek svojou bežnou metódou (rečou) („transparentné znalosti“), teraz to exaktný počítač dokáže zvládnuť implementáciou *fuzzy logiky*. Vytvoriť takýto, dobre fungujúci, aparát na počítači je náročná úloha. Takto vytvoreným nástrojom je možné prijať, uložiť, „naučiť“ skúsenosti a zručnosti človeka (experta) v ľubovoľnej oblasti (napr. rozhodovateľa, technológa, lekára, ...) a následne ich využiť pri riešení nových úloh, riadení výroby, optimalizácii ekonomických procesov, a ďalších. *Fuzzy systémy* nám ponúkajú a prinášajú nové vlastnosti pre úlohy vytvárania modelov, logických objektov, javov no predovšetkým tiež ako nástroje pre posudzovanie, odhadovanie, rozhodovanie, riadenie, kontrolu, prognózovanie, extrapolácie a pod.

Umelé neurónové siete (UNS, NNT) pracujú s napodobovaním úplne inej kategórii ľudskej inteligencie (živej prírody), na rozdiel oproti *Fuzzy logiky*, ktorá modeluje nadstavbovú verbálnu logiku, hrubé globálne procesy ľudskej inteligencie. UNS preberá funkcie

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

najdrobnejších (najzákladnejších) prvkov, neurónov a ich spojení (synapsii, synaptics). Vytvárame matematické štruktúry, predtým obvodové a elektronické štruktúry, ktoré napodobujú správanie, prepájanie a činnosti stavebných prvkov nervovej sústavy – neurónov. Neuróny sú prvky nervov a mozgu. Modely zostavené na tomto princípe dokážu v procese učenia sa, získavať a uchovávať, následne aj zlepšovať, spresňovať, správanie sa podobné reálnemu správaniu. V nových podmienkach svoje správanie dokážu aktualizovať už s využitím pôvodných vlastnosti, znalosti. Týmto procesom vytvorené modely sa správajú s požadovanou presnosťou postačujúco nahrádzujú funkciu modelovaného originálu, ktorý bol vzorom pri jeho učení. UNS pri existencii dostačujúceho množstva vstupno – výstupných údajov reálneho originálu, dokáže prevziať a zachovať (vytvoriť správanie) aj „netransparentných znalosti“, nevyjadrených schopnosti, zručnosti, napr. človeka, živočícha, organizmu (aj technického) (vnímanie okolia, prostredia, vzťahov, rovnováhy, dvojnohé, viacnohé chodenie a pod.) Hlavným aplikačným priestorom UNS sú úlohy modelovania zložitých, komplikovaných (nelineárnych) procesov, rozpoznávanie obrazov, štruktúr, spracovanie signálov, náročne šifrovanie, kódovania a naopak.

Evolučné procesy a ich výpočty patria tiež do kategórie UI t.j. Soft Computing-u. Evolučné výpočty môžeme charakterizovať ako zovšeobecnené prehľadávanie, pre počítačové realizácie sa jedná o numerické hľadanie. Pridaním náhodných javov a induktívnych mechanizmov možno efektívne napodobňovať všeobecný, prirodzený, evolučný proces, zahŕňajúci aj optimalizačné pochody.

Evolučné výpočty používajú jednoduché základné nástroje a operácie. Náhodné zmeny vo vlastnostiach jedincov, výber najhodnotnejších jedincov, odmietnutie menej vhodných jedincov, veľký počet výpočtových krokov, veľký objem údajov. V súčasnosti aj bežne výkonné stroje zvládajú evolučné výpočty v prijateľnom čase vykonať vývoj (simuláciu) státisícov generácii (cyklov). V prírode by takýto proces mohol trvať aj milióny rokov. Za týchto podmienok dosahujeme veľmi vysokú a naozaj uspokojujú úspešnosť v porovnaní s deterministickými metódami. Tieto výpočtové, evolučné metódy používame pri riešeníach, kde sa nedarí nachádzať exaktné postupy, alebo v prípadoch, keď exaktné prístupy sú síce jednoducho nájditel'né, ale neprinášajú uspokojujú výsledky. Takisto pri riešení zložitých úloh, v situáciách keď je potrebné potvrdiť nájdené riešenie podstatne inou metódou, tiež často pri riešení optimalizačných úloh, samostatnou kategóriou sú úlohy strojového učenia sa. Tieto metódy sa stávajú veľmi účinným nástrojom pri riadení výroby, logistických procesov, odhade ekonomických trendov, regulačných návrhov, zásahov, obvodov a ďalších.

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

Ponúkané vlastnosti metód, UI, Soft Computingu tiež prinášajú efektívne uplatnenie v situáciách, keď zadanie nemá potrebné, resp. úplné informácie potrebné pre riadenie procesu, resp. objektu.

Príspevok skúma možnosti a predpoklady uplatnenia metód UI, kybernetiky, informatiky na riešenie vybraných úloh z oblasti technických a ekonomických procesov, pri vytváraní stratégie či s existujúcim alebo bez existujúceho modelu originálu procesu.

1 Implementácia genetických procesov na vybrané úlohy

Riešenie vybranej úlohy očakávame v ohraničenom priestore a predpokladáme, že existuje. Genetické algoritmy (GA) sú zovšeobecneným vytváraním a prehľadávaním prípustných možnosti pomocou niektorého vybraného prístupu (stochastického, deterministického, evolučného, genetického a pod. postupu). Tieto mechanizmy nám umožňujú sa priblížiť ku globálnemu alebo blízko globálnemu (optimálnemu) riešeniu. GA využíva napodobovanie prirodzeného procesu. Pri ktorom vznikajú a zanikajú riešenia – jedince, z ktorých výberom a mutáciou zostavujeme ďalšie generácie (neúspešné jedince nie sú zaujímavé). Hodnotenie a výber jedincov nerobíme náhodne, ale stanovenou a exaktne definovanou kritériálnou funkciou (Objective Function), ktorá vlastne realizuje podstatu (optimalizačného) procesu. Výpočty napodobujú základné biologické operácie genetiky: kríženie, mutácia, výber, (crossing, mutation, selection). Takáto optimalizácia je odlišná od klasických (konvenčných, osvedčených) postupov. Čím sa odlišujú si priblížime:

- prehľadávanie nie je sériové, je quazi paralelné v mnohých smeroch súčasne,
- pri prehľadávaní nepotrebujeme pomocné ani ďalšie informácie o vývoji a histórii riešenia, napr. gradiend, derivácie, spadnice, funkcie a pod. vystačíme iba z hodnotou kritériálnej (účelovej) funkcie, v aktuálnom bode,
- využívame deterministické aj stochastické premenné,
- postupy sú schopné vymaniť sa z okolia lokálneho extrému (neuviaznú) a pokračujú v prehľadávaní (smerom) ku globálnemu extrému,
- rovnocenne úspešne riešia úlohy s jednou, viacerými a aj desiatkami premenných
- rovnako ľahko sa aplikujú na široké spektrum optimalizačných procesov,
- pri riešení spotrebujú primerane väčšie množstvo strojového času,
- pri vytváraní počítačového modelu spotrebujeme menej času.

Skúsenosti s riešením optimalizačných úloh ukazujú, že niektoré úlohy riešené pomocou klasických postupov prinášajú komplikácie, resp. nie sú riešiteľné. GA postupy a metódy sú

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

vhodné na riešenie takýchto úloh, ale tiež evolučné algoritmy. Ďalšou skupinou vhodnou pre GA a EA sú úlohy nie unimodálne, multi – modálne (nie s jedným extrémom alebo s veľkým množstvom, lokálnych prípadne viac globálnych extrémov, ...). Vhodne je aj použitie pri jednoduchých úlohách s väčším počtom premenných, pri grafických úlohách, pri úlohách s neobvyklými abecedami, s premennými vlastnosťami v priebehu riešenia, mnoho a komplikovaných obmedzení, a pod.

Ako príklad si môžeme ilustrovať na bežnej úlohe s n premennými. Predpokladajme všeobecnú úlohu s účelovou funkciou (1) a cieľom je minimalizácia jej hodnoty:

$$\begin{aligned} J &= f(\bar{x}) \rightarrow \min \\ \bar{x} &= (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R_n \end{aligned} \quad (1)$$

Pri splnení sústavy rovníc a nerovníc:

$$g_i(\bar{x}) = 0; \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

$$h_i(\bar{x}) = 0; \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (3)$$

Vo všeobecnosti rovnice $f(\bar{x})$, $g_i(\bar{x})$, $h_i(\bar{x})$ môžu byť nelineárne. Pri riešení definovanej úlohy (1) až (3) je možné aplikovať GA, EA.

Prvky jedincov reťazca (génu), spravíme totožné s prvkami vektora \bar{x} a účelovou funkciou $f(\bar{x})$ a jej funkčným zápisom. Pre tento prípad použijeme genetický proces pre minimalizáciu funkcie $f(\bar{x})$. Obvykle sa GA prijíma ako maximalizácia funkcie fitness. V skutočnosti to znamená inverziu úlohy, a fitness funkciu by sme zapísali v tvare $J = -f(\bar{x}) \rightarrow \max$, alebo v prípade potreby kladných (nezáporných) hodnôt fitness $J = a - f(\bar{x}) \rightarrow \min$, kde a je veľká kladná hodnota.

Splnenie obmedzujúcich podmienok sa rieši odstránením neprípustných reťazcov z riešenia, prípadne trestovými, sankčnými alebo pokutovými funkciami. No možno zvoliť aj špecifické riešenia ak sú účinnejšie. Prameň (Sekaj 2001), uvedieme reálny príklad pri hľadaní globálneho minima „testovanej“ funkcie, ktorú nazývame „Rastriginová funkcia“.

1.1 Ekonomická úloha optimalizácie statického technologického procesu

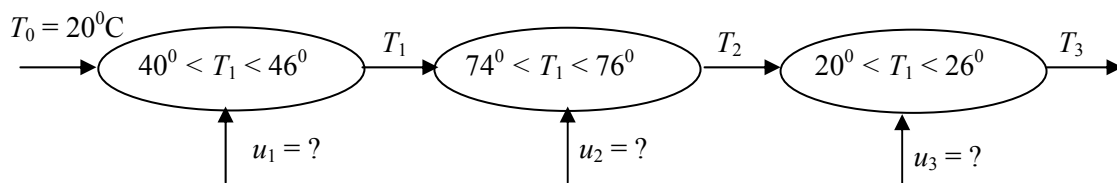
Uvedieme jednoduchý problém z technologickej praxe. Máme trojstupňový proces, ktorý pozostáva z troch po sebe nasledujúcich technologických operácii obr. 1.

Z hľadiska zabezpečenie kvality je potrebné dodržiavať predpísaný rozsah teplôt pri jednotlivých operáciách, tak ako to vidíme na obrázku 1. Závislosti teploty T_i v každom

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

podsysteme sú vyvolané veľkosťou akčného zásahu $u_i [kW]$; ($i = 1, 2, 3$), tie vyjadrujú kvadratické rovnice (4).

Fig. 1: Schéma technologického procesu



Uvedenú úlohu môžeme riešiť metódou GA. A tak získať riešenie, t.j. hodnoty premenných $u_i [kW]$; ($i = 1, 2, 3$) a in zodpovedajúce hodnoty výstupných teplôt $T_i [^\circ\text{C}]$; ($i = 1, 2, 3$) a tiež ekonomický efekt hľadania hodnoty jednotlivých výrobných nákladov $N_i [€/m^3]$; ($i = 1, 2, 3$), po spočítaní aj celkové náklady.

$$\begin{aligned} T_1 &= -1,5u_1^2 + 19,6u_1 + T_0 ; \\ T_2 &= 0,25u_2^2 + 24u_2 + 0,8T_1 ; \\ T_3 &= -0,3u_3^2 + 8,56u_3 + T_2 ; \end{aligned} \quad (4)$$

Ďalšou podmienkou pri dodržaní predpísaných teplôt je minimalizovať výrobné náklady $N = N_1 + N_2 + N_3$; $[€/m_3]$, a tie sú dané empirickými rovnicami ktorých premenné sú hodnoty akčných zásahov (5).

$$\begin{aligned} N_1 &= 1,16u_1^2 + 6,68u_1 ; \\ N_2 &= 1,16u_2^2 + 6,68u_2 ; \\ N_3 &= 3,16u_3^2 + 6,68u_3 ; \end{aligned} \quad (5)$$

Z hľadiska genetického algoritmu je popis úlohy nasledovný. Reťazce predstavujú kombinácie ustálených hodnôt akčných zásahov $r = [u_1, u_2, u_3]$, kritériálna funkcia je suma nákladov $N = N_1 + N_2 + N_3$; $[€/m_3] \rightarrow \min$. Dodržanie ohraničujúcich podmienok je možné uskutočniť niekoľkými spôsobmi. Najvhodnejší z nich, je pred vypočítaním kritériálnej funkcie otestovať či sú splnené požadované podmienky, dosadením do rovníc (4), teda do ohraničení teplôt. Ak nie sú splnené kritériálnu funkciu pri výpočte zaťažíme vysokou hodnotou, čo spôsobí, že tento jedinec v tejto generácii je nezaujímavý, a teda nemá nádej na výber (teda prežitie) a tak nie je nebezpečie, že sa uplatní v ďalšej generácii. Týmto spôsobom pokutová funkcie efektívne upravuje vlastnosti jedincov z hľadiska fitness.

Popísanú úlohu pri riešení GA metódou dostávame požadované hodnoty akčných zásahov, teda premenných $r = [u_1, u_2, u_3]$, a im prislúchajúcich vhodných technologických teplôt $T_i [^\circ\text{C}]$; ($i = 1, 2, 3$), najväčším prínosom sú získané čiastkové a celkové náklady $N = N_1 + N_2 + N_3$; $[€/m_3] \rightarrow \min$

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

1.2 Koncipovanie výrobného plánu na základe matematického modelu a aplikácie metód GA

Predstavíme si úlohu použiteľnú na širokú triedu praktických situácií pri vytváraní plánu výroby s uplatnením precíznej analýzy výrobného procesu. Počas tvorby do modelu budeme zahŕňať viaceré požiadavky, ktoré sa môžu dynamicky meniť, a tak správanie modelu by bolo nutné korigovať pri klasických prístupoch, v závislosti na dávke a okolitých podmienkach a ďalších vplyvoch.

1.3 Popis vybranej úlohy

V popise budeme sledovať tvorbu plánu pre výrobný systém, v ktorom sa zo základných vstupujúcich medziproduktov montujú výsledné zostavy, tie sa ďalej realizujú na trhu viacerými spôsobmi. Zostavovanie výrobného plánu je podmienené viacerými faktormi. Každá výrobná dávka je optimalizovateľná samostatne, vychádzajúc z aktuálneho stavu zásob vstupných prvkov, v tomto prípade je dôležitou mierou množstvo vstupov a ceny jednotlivých vstupujúcich jednotiek. Množstvo montovaných výrobkov je viazané existujúcimi zmluvami, kontraktmi, objednávkami a harmonogramami, požiadavkami trhu a trendmi trhov, tlakom konkurencii a aj aktuálneho záujmu. Väčšina z týchto vplyvov nie je statická a nie je možné dosť presne, aktuálne a bezchybne odhadnúť ani veľkosť samotného trendu a ani správne znamienko jeho pohybu.

Použijeme jednoduché popísanie kriteriálnej funkcie a tiež obmedzenie optimalizačnej úlohy. Pre tento typ popisov rovníc, nerovníc sú najväčšie skúsenosti pre modely a riešenia v lineárnych úlohách matematického programovania.

Všeobecne možno túto úlohu zaradiť k úlohám minimalizácie nákladov a tiež optimálny výber sortimentu výrobkov z cieľom pri ich realizácii vykazovať čo najvyšší výnos.

Tato úloha je dostatočne jasná a jednoduchá, lebo každý výrobok z tej istej dávky sa odvádza za rovnakú cenu. V predkladanej úlohe vyrobené výrobky budeme odvádzať za rôzne ceny ten istý výrobok z tej istej dávky. Ceny výrobkov sú viazané k dlhodobým kontraktom a sú rozdielne (obvykle nižšie), ako ceny ponúkané na aktuálnom trhu, urgentné a neplánované objednávky majú ceny vyššie. Správnou zásadou pri plánovaní výroby, je zabezpečiť všetky množstvá v minimálne nutných počtoch a zvýšené počty, ktoré sú nutné pre kontinuálny priebeh výroby, cenu výrobky nemajú nijak stanovenú. Označenie dávka zahŕňa množstvo vyrábané naraz, väčšinou jej veľkosť je optimalizovaná pre daný druh výroby. Pre vytváranie plánu používame jednoduché kritéria dodržiavajúce viaceré obmedzujúcich podmienok. Zostavený plán je spracovaný pre každý výrobok a každú zostavu. Aj tieto skupiny výrobkov

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

určujeme s využitím matematického modelu, kde sa vzájomne odlišujú zložky, ceny a tiež obmedzujúce podmienky.

1.4 Model popisovanej výroby

Matematický model zostavíme využitím štandardných ekonomických, materiálnych vzťahov aplikáciou zovšeobecnených základných zásad matematického programovania. Uvedená úloha je superponovateľnou kombináciou jednoduchých úloh: tvorby optimálneho plánu, tvorby optimalizovaného rozdelenie vstupných surovín, optimálneho návrhu využitia materiálu (porezové, vystrihovacie plány), kde kritériálna funkcia stanovuje cieľ nájsť každú zložku v procese maximalizácie výnosu z výroby.

Hľadaným riešením je optimálny počet vyrábaných produktov P_j a kompletov (výrobkov) K_k s ohľadom na aktuálnu úroveň stavu zásob vstupov ZM_i samozrejme so zreteľom na ceny jednotlivých výrobkov. C_i – cena vstupov ZM_i , C_j – ceny produktov P_j a kompletov K_k .

V matematickom modeli riešenej úlohy majú jednotlivé premenné, koeficienty a parametre označenie:

- x_j – množstvo vyrobených produktov, počet produktov určených pre voľný trh, počet produktov a kompletov určených pre objednávky a dlhodobé kontrakty
- r_{ij} – množstvá vstupov ZM_i pre jednotlivé produkty P_j , obvyklý rozpis z technickej dokumentácie, resp. z výrobných technologických postupov
- bp_{ij} – množstvá produktov P_j pre jednotlivé komplety K_k obvyklá sortimentná skladba z baliacich predpisov pre produkty a komplety
- P_j – vyrábané produkty pre trh, kontrakty a objednávky ($j = 1, 2, \dots, n$)
- Pt_j – vyrábané produkty iba pre trh ($j = n + 1, n + 2, \dots, 2n$)
- Pk_i – vyrábané produkty pre trh, kontrakty a objednávky ($i = 1, 2, \dots, n$)
- K_k – kontrahované komplety ($k = 2n + 1, 2n + 2, \dots, 2n + p$)
- C_j – ceny produktov pre trh, kontrakty a objednávky ($j = 1, 2, \dots, 2n + p$)
- ZM_i – aktuálne množstvá vstupných medziproduktov ($i = 1, 2, \dots, m$)
- c_i – ceny vstupov ($i = 1, 2, \dots, m$)
- D_j – aktuálne zistený dopyt potvrdený objednávkou ($j = 1, 2, \dots, n$)

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

DK_j – množstva kompletov viazané dlhodobými kontraktmi ($j = 1, 2, \dots, p$)

Na vyjadrenie zložiek kriteriálnych funkcií platia nasledujúce vzťahy:

$$J_1(x_j, C_j) = \sum_{j=1}^n x_j C_j \quad (6)$$

$$J_2(x_j, C_j) = \sum_{j=n+1}^{2n} x_j C_j \quad (7)$$

$$J_3(x_j, C_j) = \sum_{j=2n+1}^{2n+p} x_j C_j \quad (8)$$

Výsledná kriteriálna funkcia je v tvare:

$$J(x_j, C_j) = \sum_{i=1}^{2n+p} \sum_{j=2n+1}^{2n+p} J_i(x_j, C_j) \quad (9)$$

Aditívna funkcia ponúka veľmi užitočné vlastnosti využívania jednoduchých účelových funkcií pre adresné využívanie charakteristických poslaní v prípadoch, ktoré sa skladajú z viacerých selektívnych prístupov. Pri vzorovom použití môžeme voliť stav, keď sa výrobná dostane do situácie nutnej minimalizácie nákladov na vstupy. V týchto prípadoch je účelová funkcia vyjadrená v tvare (9) a procesom hľadania je nájdenie je minimálnej hodnoty.

V inom východiskovom stave niektorý zo vstupov i je v danej dobe dočasne nedostatkovým (napr. porucha u dodávateľa, nestabilita s touto komoditou na trhu a iné) v dostupnom prostredí. V takých prípadoch je ako účelová funkcia použiteľná hodnota aktuálne spotrebovanej komodity, podľa výrazu $SM_i \leq ZM_i$; ($i = 1, 2, \dots, m$)

Ďalšou zaujímavou oblasťou je výber programovej platformy pre spracovanie popísanej úlohy. Ilustratívne riešenie s vhodným prostriedkom je známe z viacerých aplikácií a realizácii z ponúk: tabuľkový procesor ľubovoľnej platformy. Inými možnosťami sú účelovo napísané a tiež špecializované prostriedky QSB, Storm, Linga, LP, XA, Mor Flo, Matlab, WinQSB, LinDo a pod.

Výpočtový model (algoritmus) popísaného problému a výsledky sú popísané v príspevku [9].

Nezávisle sú tiež možnosti problémovo orientovaného genetického programovania, evolučné algoritmy a iné. Viaceré z nich sú priblížené pri spracovávaní uvedeného príkladu.

Záver

V článku sú uvedené a popísané viaceré nové smery v oblasti umelej inteligencie, kybernetike, kolaboratívneho riadenia, multiagentového riadenia, zastúpené metódami fuzzy riadenia, neurónových sietí, genetických programov, evolučných algoritmov na riešenie úloh

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

v oblasti ekonomiky, technológií, výrobných procesov a ďalších, napr. plán výroby a pod. s využitím matematických modelov a ich vlastností.

Literatúra

- [1] ARLTOVA, M.; LANGHAMROVA, Ji.; LANGHAMROVA, Ja.: Development of Life Expectancy in the Czech Republic in Years 1920-2010 with an Outlook to 2050, In: *Prague Economics Papers*, Vol. 22 No: 1 pp. 125-143, 2013
- [2] HRUBINA, K. - ŠEBEJ, P. - HREHOVÁ, S. - WESSELY, E.: Optimization and multi-agent control in manufacturing processes, In: *Annals of DAAAM for 2005*, Vienna, pp. 163-164. - ISBN 3-901509-46-1, ISSN 1726-9679
- [3] LOESTER, To.; LANGHAMROVA, Ja.: Disparities between Regions of the Czech Republic for non-Business Aspects of Labour Market, In: *6th International Days of Statistics and Economics*, Prague, pp. 689-702 , 2012
- [4] KOTUS M., MATISKOVÁ D., MURA L.: Impact of Technological Factors on Dosing of Metal at Die-Casting, In: *Advanced Materials Research*, 2013 - Trans Tech Publ, 3 (2011), pp. 56-58.
- [5] MATISKOVÁ, D.: Strategické plánovanie - základ kvality riadenia podniku, In: *Kvalita*. Roč. 21, č. 1 (2013), s. 37-40. - ISSN 1335-9231
- [6] PAVELKA, To.; ZAK, M.: Macroeconomics, In: *Politická ekonomie*, Vol. 59, No: 4, pp. 554-561, 2011
- [7] SEKAJ, I.: *Evolučné výpočty a ich využitie v praxi*, IRIS Bratislava, 2005, ISBN 80-89018-87-4
- [8] SEKAJ, I.: Genetické algoritmy, In: *AT&P Journal*, 2001
- [9] ŠEBEJ, P.: Evolučný algoritmus a jeho aplikácia na riešenie vybranej úlohy, In: *Intelligentní systémy pro praxi*. - Ostrava-Poruba : AD&M, 2004 S. 63-66. - ISBN 8023936808
- [10] ŠTEFAN, G., MATISKOVÁ, D., MURA, L. Thermal Factors of Die Casting and Their Impact on the Service Life of Moulds and the Quality of Castings In: *Acta Polytechnica Hungarica* Roč. 10, č. 3 (2013), s. 65-78 ISSN: 1785-8860

Contact

Peter, Šebej Ing. PhD., Ing-Paed IGIP.,

Katedra manažmentu výroby, Technická univerzita v Košiciach so sídlom v Prešove,

Bayerová 1, 080 01 Prešov, Slovakia

RELIK 2013.

Reprodukce lidského kapitálu – vzájemné vazby a souvislosti. 9. – 10. prosince 2013

E-mail: sebejt@gmail.com ,

Phone: +421 51 7722828