

OPTIMÁLNE RIADENIE A VIRTUÁLNY MODEL MANIPULAČNÉHO PROCESU

Ivan Sekaj, Marek Ježo, Michal Kollárčik, Slavomír Kajan

Ústav riadenia a priemyselnej informatiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky,
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Abstrakt

Príspevok opisuje model manipulačného procesu prekladiska kontajnerov s dvomi portálovými žeriavmi a predstavuje spôsob optimalizácie tohoto procesu s cieľom minimalizovať prejdenu dráhu použitím genetického algoritmu. Okrem toho demonštruje použitie 3-D grafického modelu vytvoreného v prostredí Matlab/Simulink na báze Virtual Reality Toolboxu, ktorý animuje činnosť uvedeného zariadenia.

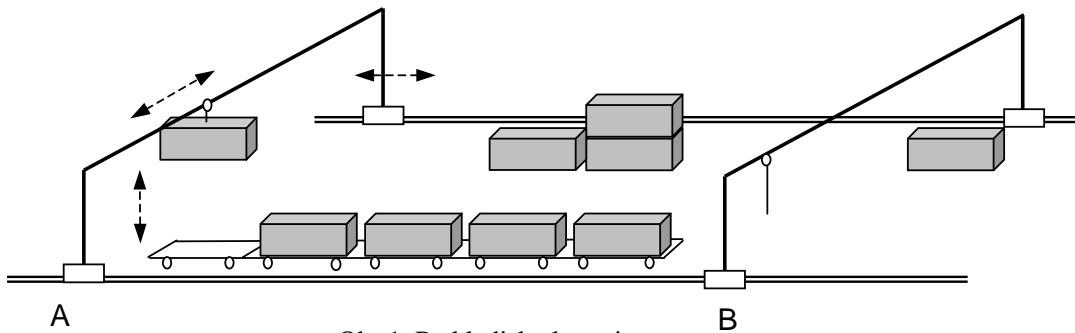
1 Úvod

Pri riešení problémov súvisiacich s logistikou, s manipuláciou s materiálom a pri podobných činnostiach sa vždy objavuje snaha o ich optimalizáciu. Môže sa jednať sa o minimalizáciu času dopravy, minimalizáciu prejdenej dráhy, minimalizáciu spotreby energie a podobne. Úlohy tohoto typu sú často veľmi zložité, obsahujú veľké (niekedy až extrémne veľké) množstvo možností riešenia, pričom riešenia navrhnuté človekom spravidla nebývajú optimálne. Z toho dôvodu sa vyvíjajú rôzne optimalizačné metódy, ktoré poskytujú podstatne lepšie výsledky. Nevýhodou väčšiny takýchto metód ale je, že spravidla bývajú úzko špecializované len na daný problém a vyžadujú detailnú analýzu problému. V predloženom príspevku je uvažovaný manipulačný proces prekladiska s dvomi portálovými žeriavmi. Podobné zariadenia v rôznych modifikáciách sa v praxi vyskytujú pomerne často. Optimalizácia procesu manipulácie s materiálom je tu riešená pomocou genetického algoritmu, ktorý je univerzálne použiteľným a výkonným optimalizačným prístupom poskytujúcim veľmi dobré výsledky.

Ďalším cieľom tohoto projektu bola tvorba 3-D virtuálneho modelu procesu, ktorý môže slúžiť jednak pedagogickým a prezentačným účelom na lokálnej alebo sieťovej úrovni, ale môže plniť aj úlohu priestorovej vizualizácie prevádzky reálneho zariadenia. Model bol vytvorený v prostredí Matlab/Simulink, pričom na realizáciu genetického algoritmu bol použitý Genetic Toolbox [7] a pri tvorbe virtuálneho modelu bol použitý v Matlabe integrovaný Virtual Reality Toolbox firmy Humusoft.

2 Opis riadeného procesu a cieľ riadenia

Uvažovaný technologický proces predstavuje prekladacie pracovisko, pri ktorom sa manipuluje s nákladom pomocou dvoch portálových žeriavov. V danom prípade sa jedná o vykladanie kontajnerov z vlaku, pričom žeriavy sa pohybujú po spoločnej koľajovej dráhe a môžu manipulovať s bremenom v smere naznačených šípok (obr.1). Po príchode vlaku s kontajnermi operátor určí vykladací plán, čiže predpíše, ktorý kontajner sa má vyložiť na ktorú pozíciu na prekladisku. Princípiálne môže každý žeriav preniesť ktorýkoľvek kontajner na ľubovoľnú pozíciu. Úloha je nasledovná. Máme nájsť takú postupnosť manipulácií jednotlivých žeriavov, aby sa vlak vyložil podľa plánu a celková dráha prejdenej oboma žeriavmi bola minimálna. Iný možný variant je minimalizácia času vyloženia vlaku, prípadne istý kompromis oboch predchádzajúcich prípadov.



Obr.1 Prekladisko kontajnerov

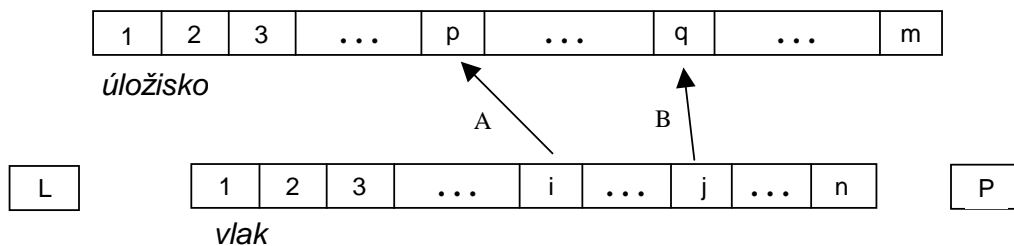
3 Optimálne riadenie procesu na báze genetického algoritmu

Za účelom nájdenia optimálneho riešenia bol v našom prípade použitý genetický algoritmus. Genetický algoritmus (GA) je výkonný optimalizačný prístup založený na napodobení mechanizmu prirodzenej evolúcie. Pomocou GA je možné riešiť široké spektrum optimalizačných, prehľadávacích a konštrukčne - návrhárskych typov úloh z rôznych aplikačných domén. Problematike GA je venovaných mnoho publikácií ako napr. [1, 2, 3, 4, 5 a iné].

Veľmi stručne je možné princípy GA naznačiť ako postupnosť nasledovných krokov:

1. Náhodné vygenerovanie počiatočnej populácie (množiny potenciálnych riešení).
2. Vyhodnotenie prejdenej dráhy v každom jednotlivom riešení - pri každom jedincovi populácie (tzv. úspešnosť jedinca).
3. Test ukončovacích podmienok, po ich splnení - koniec výpočtu.
4. Výber skupiny jedincov, ktoré budú ďalej modifikované pomocou kríženia a mutácie (tzv. rodičia). Výber inej skupiny jedincov, ktoré prejdú do nového výpočtového cyklu (do novej generácie) bez zmeny, vrátane najúspešnejšieho jedinca. Poznamenajme, že prienik oboch skupín nemusí byť prázdna množina. Pri výbere v oboch prípadoch majú väčšiu pravdepodobnosť "prežitia" úspešnejšie jedince.
5. Kríženie a mutácia vybraných jedincov. Kríženie je operácia, pri ktorej náhodnou kombináciou vlastností (parametrov) dvoch rodičovských jedincov vznikne nový jedinec (tzv. potomok). Mutácia je náhodná zmena akýchkoľvek vlastností jedinca.
6. Kompletizácia novej populácie z predchádzajúcich dvoch skupín jedincov a skok na krok č. 3.

Aby bolo možné v danej aplikácii použiť genetický algoritmus, je potrebné každé potenciálne riešenie - plánovanú dráhu oboch žeriavov zakódovať do postupnosti znakov alebo čísel, čiže definovať formát jedinca. Táto postupnosť sa nazýva reťazec resp. chromozóm. Množina vhodného počtu reťazcov tvorí populáciu, nad ktorou prebiehajú operácie GA. Prvky každého reťazca sa nazývajú gény. Uvažujme model procesu podľa obr.2. Dva žeriavy označme A a B. Ich možný presun je označený šípkami. V prípade minimalizácie dráhy môžeme v úlohe urobiť také zjednodušenie, že zanedbáme čas nakladania a vykladania a súčasne predpokladáme, že každý jednotlivý presun kontajnera bez ohľadu na vzdialenosť trvá jeden časový krok. Poznamenajme, že toto zjednodušenie nie je možné robiť v prípade minimalizácie času prekladania vlaku.



Obr.2 Model procesu prekladania kontajnerov

Zvoľme nasledovné kódovanie reťazcov

$$R = \{ g_1, g_2, \dots, g_n, g_{n+1}, g_{n+2}, \dots, g_{2n} \}.$$

Gény g_1 až g_n určujú, akú činnosť má v danom kroku 1 až n vykonávať žeriav A a gény g_{n+1} až g_{2n} sú podobne priradené žeriavu B . Jednotlivé gény môžu nadobúdať nasledovné hodnoty:

$1, 2, \dots, n$ - poloha kontajnera, ktorý má byť v danom kroku prenesený (cieľová pozícia, kde sa príslušný kontajner má položiť je určená vykladacím plánom)

0 - znamená, že žeriav v danom kroku čaká na mieste

$(-1), (-2), \dots, (-n)$ - mínus určuje, že žeriav sa bude presúvať prázdny - bude sa vyhýbať druhému žeriavu, číslo určuje pozíciu, kam sa má prázdny žeriav presunúť

L - je ľavá krajná poloha žeriavu A , keď žeriav B vykladá na pozícii l

P - je pravá krajná poloha žeriavu B , keď žeriav A vykladá na pozícii m

Je zrejmé, že v každom reťazci sa môže vyskytovať každé z čísiel z množiny 1 až n práve raz. Ostatné gény, ktorých počet bude tiež n budú nejakým spôsobom obsadené hodnotami, ktoré sa vyberú z množiny $\{0, L, P, -1, -2, \dots, -n\}$, pričom tieto sa môžu aj opakovať.

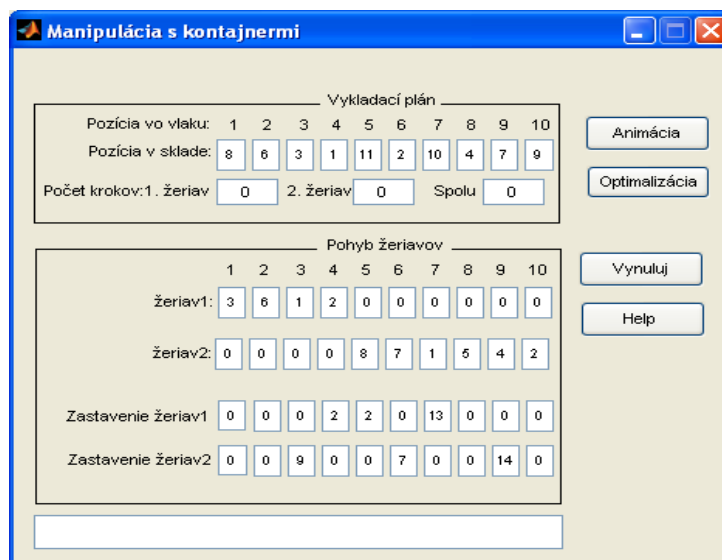
Hodnota účelovej funkcie, ktorá sa určuje pre každý reťazec sa vypočíta nasledovne. Najprv sa spočíta veľkosť sumárnej prejdenej dráhy pri danej postupnosti manipulácií žeriavov A a B , pričom sa neberie ohľad na to, či nastali kolízie žeriavov alebo nie. Kolízie sú neprípustné stavy, keď žeriav A je na tej istej pozícii ako B alebo napravo od polohy B . Dodajme ešte, že počiatočné polohy žeriavov sú vo všetkých reťazcoch populácie dané (hodnoty génov g_1 a g_{n+1}) a zodpovedajú koncovým polohám oboch žeriavov po vykladaní predchádzajúceho vlaku. Po výpočte dráhy sa zistí počet kolízií žeriavov, ktoré vyplývajú z daného reťazca. Za každú jednu kolíziu sa prideli pokuta o vhodnej veľkosti, v najjednoduchšom prípade konštantná pokuta o veľkosti väčšej ako je maximálna možná sumárna dráha. Existujú aj iné metódy vysporiadania sa s kolíziami. Možný iný spôsob je taký, že pomocou prídavných algoritmov korigujeme neprípustné časti reťazcov tak, aby sa kolízie odstránili. Toto na jednej strane urýchli výpočet, ale na druhej strane to kladie na tvorcu GA zvýšené programátorské nároky.

Samotný genetický algoritmus môže používať nasledovné modifikácie reťazcov. V prípade génov, ktoré majú kladné hodnoty môže iba ľubovoľne meniť ich poradie v reťazci. Napríklad, môže presunúť náhodný gén na inú náhodnú pozíciu v reťazci alebo jeho polohu môže vymeniť s pozíciou iného génu. Môže uskutočniť náhodnú výmenu poradia dvoch subreťazcov alebo inverziu poradia génov v náhodne zvolenom subreťazci. Gény s nekladnými hodnotami môže náhodne zmodifikovať z množiny hodnôt $\{0, L, P, -1, -2, \dots, -n\}$ na akúkoľvek inú hodnotu z tejto množiny. Tieto gény určujú vyhýbacie manévry žeriavov alebo čakanie.

Použitie finálneho riešenia GA v štruktúre procesu automatizovaného riadenia prekladania bude nasledovné

1. príchod plného vlaku,
2. určenie vykladacieho plánu,
3. zbehnutie optimalizácie pomocou GA (v praxi môže trvať niekoľko sekúnd až niekoľko desiatok sekúnd),
4. uskutočnenie vypočítanej postupnosti manipulácií,
5. odchod prázdneho vlaku.

Na obr.3 je zobrazené okno ovládania procesu v Matlabe. V hornej časti používateľ definuje vykladací plán. Potom spustí výpočet tlačidlom *Optimalizácia*. Po ukončení výpočtu sa do tabuľky v dolnej časti okna vypíše navrhnutá postupnosť pohybov oboch žeriavov. Tlačidlo *Animácia* spustí simuláciu s priestorovou vizualizáciou procesu.



Obr.3 Okno ovládania procesu prekladiska kontajnerov v Matlabe

4 Priestorová vizualizácia v prostredí Matlab

Simulačný model procesu prekladiska pozostáva z matematického modelu procesu v Simulinku a z 3-D vizuálneho modelu realizovaného v prostredí VR Toolbox. Grafické objekty boli vytvorené programom *3DS Max*. Model obsahuje tieto časti: dva portálové žeriavy pozostávajúce z nosnej konštrukcie, mačky, lana a závesného zariadenia, ďalej z lokomotívy s vagónmi, z koľajníc a z kontajnerov. Pre zobrazenie scény sú definované 4 kamery určujúce rôzne uhly pohľadu. Jednotlivé grafické objekty virtuálneho modelu sú informačne prepojené so zodpovedajúcimi objektmi matematického modelu, prípadne s reálnymi objektmi. Po určení postupnosti krokov, ktoré má zariadenie realizovať sa môže spustiť animácia pohybov pri manipulácii s kontajnermi. V prípade simulácie je zdrojom informácie o okamžitom stave procesu model v Simulinku. Virtuálny model procesu však môže komunikovať prostredníctvom vhodných informačných kanálov aj s reálnym zariadením. V tomto prípade môže virtuálny model slúžiť ako 3-D vizualizačný nástroj na vzdialenom pracovisku. Animácia procesu prekladania je možná spustením priloženého súboru *prekladisko.avi*

5 Záver

Pri optimalizácii logistických, manipulačných, robotických a podobných typov procesov sa bežne využívajú rôzne metódy, ktoré nie sú vždy schopné zabezpečiť nájdenie najlepšieho možného alebo aspoň uspokojivého riešenia. V predložennom príspevku bolo demonštrované použitie genetického algoritmu, ktoré má potenciál nachádzať optimálne riešenia, alebo v prípade zložitých úloh aspoň riešenia, ktoré spravidla sú uspokojivé. Istou nevýhodou tohoto prístupu je dlhší výpočtový čas v porovnaní s bežnými optimalizačnými metódami.

Okrem použitia netradičného optimalizačného prístupu, uvedený projekt demonštruje využitie grafických nástrojov prostredia Matlab/Simulink na priestorovú (trojrozmernú) vizualizáciu manipulačných procesov. V danom prípade bolo úlohou 3-D modelu vizualizovať (animovať) simuláciu procesu prekladiska. Tento grafický nástroj môže slúžiť ako prezentačný resp. výučbový prostriedok na lokálnej stanici alebo v sieti. V prípade riadenia reálnych zariadení môže slúžiť ako vzdialená vizualizácia pohybujúceho sa technologického procesu.

Literatúra

- [1] D.E.Goldberg: Genetic Algorithms in Search, Optimisation, and Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.,1989
- [2] Z.Michalewicz: Genetic Algorithms+Data Structures = Evolution Programs, Springer-Verlag, 1996
- [3] V.Kvasnička, J.Pospíchal, P.Tiňo: Evolučné algoritmy, STU Bratislava, 2000
- [4] I. Sekaj, Evolučné výpočty a ich využitie v praxi, Iris Bratislava, 2005
- [5] I. Sekaj: Riešenie problémov pomocou genetických algoritmov, Automatizace 9/2004
- [6] The Mathworks: Matlab ver. 7.1 (R14) user dokumentation, August 02, 2005
- [7] I. Sekaj, M. Foltin: Matlab toolbox - genetické algoritmy, 11. ročník konference MATLAB 2003, Praha, Česká republika: 25.11.2003, s. 514-519.

Pod'akovanie

Riešenie bolo financované z projektu slovenskej agentúry APVV: APVT-20-031404 ("AUIKE")

Všetci autori:

Ústav riadenia a priemyselnej informatiky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava, E-mail: ivan.sekaj@stuba.sk