Метод за приближено решаване на клас задачи за оперативно планиране

*Николай Б. Докев*

*Нов Български Университет*

Управлението на товаро-транспортния процес при разработване на открити рудници в режим на осредняване на полезните компоненти е свързано с изпълнение на предварително съставен оперативен план. Честите аварии на товарните пунктове, транспортните единици и бункерите за разтоварване на руда налагат многократно преизчисляване на производителностите на товарните пунктове в режим на реално време, при което времето за изчисляване на новия сменен план е ограничено от времето между две управляващи въздействия на системата за управление.

Ограничението по време, както и ограничената оперативна памет при използването на управляващи микро ЕИМ за реализиране на избрания модел за оперативно планиране правят практически неприложими класическите методи на целочисленото линейно програмиране. Поради това е целесъобразно разработването на ефективни приближени алгоритми, даващи субоптимални решения, с възможност за реализация на специализирани микро ЕИМ.

В статията се описва алгоритъм на метода за приближено решаване на клас задачи за оперативно планиране, които в целочисленото програмиране имат вида

(1) 

При следните ограничения:

(2) 

(3) 

(4) 

(5) 

(6) 

(7) *xi* – цели числа, *i*∈*I*,

*ai*, *i*, *i*, *ci*, *si* – положителни, *i*∈*I*.

където *I* = {1, 2, …, *n*} е множество на рудните товарни пунктове:

*xi* – брой транспортни единици, които трябва да се натоварят в транспортен пункт с индекс *i*, от момента на планиране до края на смяната;

*ci*, *si* – средни съдържания на първия и втория полезен компонент в рудата, товарена в пункт с индекс *i*;

*i*, *i* – долна и горна граница на броя транспортни единици, които могат да се натоварят в товарен пункт с индекс *i* от момента на планиране до края на смяната;

*B* – минимален брой транспортни единици, които трябва да се натоварят от всички товарни пунктове от момента на планиране до края на смяната;

*b*1, *b*2 – допустима долна и горна граница на съдържанието на първия полезен компонент в единица обем руда;

*b*′1, *b*′2 – допустима долна и горна граница на съдържанието на втория полезен компонент в единица обем руда;

*N* – максимален брой транспортни единици, които могат да бъдат използвани за периода на планиране.

В тази задача целевата функция (1) е избрана така, че да осигури равномерна работа на всички товарни пунктове. Ограниченията (2) и (3) обезпечават средните съдържания на първия и втория полезен компонент в определени граници, а (4), (5) и (6) осигуряват изпълнение на производствения план на рудника за периода на планиране с наличните транспортни единици, като към всеки товарен пункт трябва да се изпращат транспортни единици в зависимост от естестваните възможности и конкретните условия, при които работи товарния пункт.

Предложеният алгоритъм работи със следния аналог на задача (1)-(7):

(8) 

(9) 

(10) 

(11) *B*1≥*B*,

(12) 

(13) 

(14) *xi* – цели числа, *i*∈*I*,

*ai*, *si*, *ci*, *i*, *i*, – положителни, *i*∈*I*.

Основната схема на предлагания алгоритъм за решаване на задача (8)-(14) е следната:

1. Търсят се стойности *xi* за производителностите на товарните пунктове, които да са решение на ограниченията (11)-(14). Ако не се намери допустимо решение, задача (8)-(14) няма решение и алгоритъмът приключва своята работа. В противен случай се преминава към точка 2.

2. Без да се нарушават ограниченията (11)-(14) се търси допустимо решение на ограничение (9), като се започва от намереното в т. 1 решение. При намиране на допустимо решение се преминава към т. 4, в противен случай се преминава към т. 3.

3. Аналогично на т. 2 се търси решение, което да удовлетворява ограниченията (10)-(14). Ако се намери допустимо решение се преминава към т. 4, в противен случай се прекратява работата на алгоритъма.

4. Намерено е решение, удовлетворяващо ограниченията (11)-(14) и едно от ограниченията (9) или (10). Без да се нарушават изпълнените ограничения, се търси решение, което да удовлетворява и другото ограничение за осредняване. Когато се намери решение, което удовлетворява и второто ограничение за осредняване, се преминава към т. 5. В противен случай задача (8)-(14) няма решение за осредняване по два компонента и затова към диспечера се индикира информация за промяна на някои от параметрите на товаро-транспортния процес.

5. Намереното допустимо решение се подобрява по отношение на целевата функция (8) без да се нарушават ограниченията (9)-(14).

Въвеждат се ограниченията

(15) 

За начално решение на процедурата, която се реализира в т. 1 на основната схема, се приема решението (*x*10, *x*20, …, *xR*0, …, *xn*0), за което е изпълнено

(16) *xi*0 = *i*, за всяко *i*∈*I*.

Задача (8)-(14) няма решение, ако *N*10>*N*. В противен случай се търси допустимо решение на ограниченията (11)-(14).

На всяка итерация *R* се извършват следните действия:

Проверява се условието

(17) 

Когато (17) е изпълнено, което означава, че е намерено допустимо решение на ограниченията (11)-(14), се преминава към т. 2 от основната схема на алгоритъма. В противен случай с помощта на множествата

(18) 

и зависимостите

(19) 

(20) 

се определя индекса *iR* и стойността на променливата *xiR*, така че да се намали неизпълнението на ограничението (17).

Пресмятат се отново *N*1*R* и *B*1*R*. Ако *xiR* ≠ *iR* ˄ *B*1 < *B*, ограниченията (11)-(14) нямат допустимо решение. Задача (8)-(14) няма решение и работата на алгоритъма се прекратява. В случай, че *xiRR*=*iR*, се преминава към следващата итерация. Въвеждат се следните означения:

(21) *d*′*d*=*b*1*B*1, *d*′*g*=*b*2*B*1,

(22) *d*′′*d*=*b*′1*B*1, *d*′′*g*=*b*′2*B*1,

(23) 

(24) 

(25) 

След намиране на допустимо решение на ограниченията (11)-(14) съгласно т. 2 от основната схема на алгоритъма се търси допустимо решение на ограничение (9) без да се нарушават ограниченията (11)-(14). Проверява се условието

(26) *dd*′ ≤ *L*1*R* ≤ *dg*′.

Ако то е изпълнено, което ознaчава, че е намерено допустимо решение на ограничение (9), се преминава към т. 4 от основната схема на алгоритъма. В противен случай се определят индексите на двата товарни пункта *rR* и *pR* и величината *xR*, с която трябва да се намали производителността  на товарен пункт с индекс *rR* и съответно да се увеличи производителността  на товарен пункт с индекс *pR*, така че да се намали неизпълнението на ограничението (9).

Определя се множеството

(27) 

Индексите *rR* и *pR* се изчисляват по формулите

(28) 

(29) 

Когато при някоя от итерациите се окаже, че индексите *rR* и *pR* са равни, това означава, че не е намерено режение на ограничение (9) и се преминава към т. 3 на основната схема на алгоритъма. В противен случай се определя

(30) 

където *aiR* = max(*arR*, *apR*).

Стойностите на ,  и  се изчисляват по зависимостите

(31) 

(32) 

Преминава се към следващата итерация.

Процедурата в т. 3 на основната схема на алгоритъма е аналогична на процедурата в т. 2, но вместо с ограничението (9) се работи с ограничение (10). В този случай, ако не се намери допустимо решение се прекратява работата на алгоритъма.

Според т. 4 от основната схема на алгоритъма, без да се намалява общността, се приема, че се търси допустимо решение на ограничението за осредняване (10), което не нарушава ограниченията (9) и (11)-(14).

На всяка итерация *R* се определят индексите на двата товарни пункта *rR* и *pR* и величината *xR*, с която трябва да се намали производителността на товарен пункт с индекс *rR* и да се увеличи производителността на товарен пункт с индекс *pR*, така че да се намали неизпълнението на ограничението (10). За тази цел се въвеждат множествата *I*4*R* и *I*5*R*, като се има пред вид, че *I*5*R* ∈ *I*4*R* ∈ *I* и *I*41 = *I*. От множеството *I*4*R* се търси индекса *rR*, а от множеството *I*5*R* – индекса *pR*. Докато множеството *I*4*R* се променя само когато , то множеството *I*5*R* се променя на всяка итерация, като  Когато се промени множеството , се променя и множеството *I*5*R*, като *I*5*R* = *I*4*R* \ *rR*.

Индексът *rR* се определя от израза

(33) 

За така определения индекс *rR* индекса *pR* се намира от

(34) 

Величината *xR* се определя посредством *x*1*R*:

(35) 

Където a , *aiR* = max(*arR*, *apR*), a

(36) 

Пресмятат се *xrR*, *xpR* и *L*2*R* на ограничението (16):

(37) 

(38) 

Целевата функция (8) достига мимимум, когато отделните ѝ компоненти   
*xi* – *B*1/*n* имат минимална стойност.

За подобряване на целевата функция се извършват някои действия:

На всеки цикъл от *n* итерации (започва се от *R* = 1) се подреждат по големина разликите , където , като се получава редицата

(39) 

Определя се *xR*, с която трябва да се коригира производителността  на товарен пункт с индекс *i*1 с цел да се намали разликата , без да се нарушават ограниченията (9)-(14):

(40) 

Величината  се получава по формулата

(41) 

Въвежда се параметърът ξ, който в началото на всеки цикъл от итерации се нулира.

След определяне на *xR*, ако тя е различна от нула, което показва, че е нанесена корекция на , към стойността на ξ се прибавя единица.

За полученото  се определят стойностите на *L*1*R*, *L*2*R*, *B*1*R*, *N*1*R*, *d*′*g*, *d*′′*g*, *d*′*d*, *d*′′*d*:

(42) 

(43) 

(44) 

(45) *d*′*g*=*b*2*B*1*R*, *d*′*d*=*b*1*B*1*R*,

(46) *d*′′*g*=*b*′2*B*1*R*, *d*′′*d*=*b*′1*B*1*R*,

(47) 

В следващите итерации от съответния цикъл за всяка от променливите , …, , …, , се извършват аналогични действия, както за . След корекцията (ако е възможна) на променливата се проверява стойността на параметъра ξ. Ако ξ > 0, се преминава към следващия цикъл от итерации. В противен случай процесът за подобряване на целевата функция (8) се прекратява, с което се приключва работата на алгоритъма.

Литература

1. Наплатанов, Н., В. Сгурев, П. Петров, З. Николов. Управление на промишлени транспортни процеси. С. БАН, 1979.
2. Василев, В., Н. Докев. Алгоритъм за решаване на задачи за осредняване по два полезни компонента. – Техническа мисъл, 1983, № 1.
3. Грачев, Ф. Г. Управление качества сырья на горнорудных предприятиях. М. Недра, 1977.
4. Сгурев, В., В. Василев, Н. Докев. Оперативно планиране на промишления товаро-транспортен процес в добивните предприятия. – Системи и управление, 1983.