Московский Авиационный Институт

(Технический Университет)

Кафедра 308

Курсовая работа

Выбор параметров контроля с использованием метода динамического программирования и метода ветвей и границ

Вариант II(2)

# Выполнила

студентка

группы КТ-515

Принял

## Москва

2008г.

**Содержание**

Задание

1. Метод динамического программирования

1.1 Теоретическая часть

2.2 Практическая часть

- ручной счёт

- листинг программы

2. Метод ветвей и границ

2.1 Теоретическая часть

2.2 Практическая часть

- ручной счёт

- листинг программы

Вывод

Литература

**Задание**

Вариант II(2)

Выбор параметров контроля с использованием метода динамического программирования и метода ветвей и границ при непересекающихся элементах объекта контроля и ограничениях по затратам на контроль С≤16.

Исходные данные: вероятность отказов элементов и затраты на контроль параметров.

# Выбрать такие параметры, чтобы С≤16 при Q=Qmax.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Qi | 0.17 | 0.03 | 0.15 | 0.09 | 0.13 | 0.08 | 0.07 | 0.02 | 0.06 | 0.04 |
| с(xi) | 5 | 1 | 4 | 2 | 6 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 |

**1. Метод динамического программирования**

**1.1 Теоретическая часть**

Математически задачу выбора набора параметров из заданной их совокупности можно сформулировать следующим образом.

Пусть работоспособность объекта контроля характеризуется совокупностью n взаимосвязанных параметров, образующих множество S={x1, x2, …, xn}. Проверка всех параметров из S влечет контроль всех N элементов системы и дает однозначный ответ: объект исправен, если все N элементов исправны, или неисправен, если по крайней мере один из элементов отказал. Для ∀ xi определено подмножество R(xi) элементов, проверяемых при контроле i-го параметра, причем предполагаем, что эти подмножества могут пересекаться, т.е. ∃ i, j: R(xi)∩R(xj). Пусть Ω - некоторый набор параметров из множества S, т.е. Ω⊆S. Тогда Ω∩Ω=∅ и Ω∪Ω=S. Значения xi из S можно представить булевым вектором, причем

xi = 1, если xi∈Ω,

0, если xi∈Ω.

Задача выбора параметров в этом случае формулируется двояко:

1. найти набор Ω, для которого

P(Ω)=max

при ∑xi·c(xi)≤C; iЄΩ

1. найти набор Ω, для которого

∑xi·c(xi)=min

при P(Ω)≥Pз,

где P(Ω) – апостериорная вероятность работоспособного состояния объекта контроля при положительном исходе контроля выбранных параметров Ω⊆S; с(xi) – затраты на контроль i-го параметра; Рз – требуемая достоверность контроля; С – ограничение на общую стоимость контроля.

Значение P(Ω) зависит от принятых допущений и может быть найдено по формуле Байеса. Так, если предполагать в изделии наличие лишь одного отказа, то

P(Ω)=Р0/1-∑Рi,

 iЄR(Ω)

где Р0=∏(1-рi) – априорная вероятность безотказной работы объекта:

 iЄR(S)

Р0=1-∑Рi;

 iЄR(S)

# Рi - нормированная вероятность отказа системы из-за отказа i-го элемента:

# Рi=(pi/(1-pi))/(1+∑ pk/(1-pk);

#  kЄR(S)

pi – априорная вероятность отказа i-го элемента. Тогда вероятность того, что отказ будет обнаружен при проверке k-го параметра, можно вычислить по формуле:

Qk=∑Pk

 kЄR(xk)

При возможности наличия в ОК произвольного числа отказов

P(Ω)=∏(1-pi)/∏(1-pi)

 iЄR(S) iЄR(Ω)

Можно использовать простой перебор вариантов, однако возникающие при этом вычислительные трудности не позволяют сделать этого даже для простых систем (при n>10). В связи с этим комплектование набора будем трактовать как многошаговый процесс, состоящий из последовательного выбора отдельных параметров.

В соответствии с общим принципом оптимальности разобьем весь имеющийся ресурс стоимости С на С отрезков единичной длины. (В практических случаях заданные положительные величины с(xi) и С можно считать всегда целыми. Если это не так, то необходимо перейти к более мелким стоимостным единицам в зависимости от разрядности дробной части.). Рассмотрим наряду с интересующей нас исходной задачей множество аналогичных задач

f(Y)=max λ(x), Y Є [0,C],

xЄXY

где через XY обозначено множество неотрицательных целочисленных векторов Ω, отвечающих наборам, в которых общая стоимость проверки параметров не превосходит величины Υ.

Пусть Υ0=min c(xi).

i=1,…,n

Тогда при всех Υ Є [0,Υ0] соответствующие множества ΧΥ состоят, из одного нулевого элемента и f(Y)=0 для всех таких Υ. Для ресурса Υ Є [Υ0, С] согласно общей схеме динамического программирования справедливы следующие рекуррентные соотношения:

f(Yk)=max [Qi + f[Yk – c(xi)] – Gi (1)

iЄIY

где k=Y0, Y0+1, …, C; IY – множество тех i, для которых с(xi)≤Yk, начиная с номера k=max c(xi) уравнение (1) решается для всех i= 1,…,n;

Gi = ∑Pi – сумма вероятностей элементов i-го параметра, которые пересекаются с

IЄR(xi)∩Ωl\*

элементами подмножества Ωl\*, образованного на шаге Yk – c(xi).

Если ∀ i, j; R(xi)∩R(xj)= ∅, то Gi=0 и

f(Yk)=max {Qi + f[Yk – c(xi)]} (2)

iЄIY

Для решения интересующей нас задачи опишем простой численный метод, не требующий предварительного определения всех допустимых наборов и основанный на рекуррентных соотношениях (1). Для всех целых Υ = Υ0, С по формуле (1) вычисляются величины f(Yk) и при этом фиксируются индексы iYk\*, на которых достигаются максимумы в (1). Искомый вектор Ω формируется последовательно включением в набор параметра iYk и подмножества Ωl\*, зафиксированного на шаге Yk – c(xi). При этом, если YkЄ Ωl\*, то на данном шаге этот параметр исключается из рассмотрения, так как каждый параметр может включаться в набор не более одного раза. Если на некотором ν-м шаге окажется, что f(Yν)< f(Yν-1), то в качестве Ων\* принимается подмножество Ων-1\* и фиксируется параметр iY ν-1, причем за f(Yν)< принимается значение f(Yν-1). Заметим, что если в задаче P(Ω)=max при

∑xi·c(xi)≤C

iЄΩ

принять более жесткое ограничение, а именно ∑c(xi)=C, то последнее не допустимо, iЄΩ так как в этом случае max f(Yk) может быть меньше max f(Yk-1) из-за того, что он достигается на другом подмножестве параметров.

Общая сложность метода, очевидно, φ(n) ≤ c(n+1), т.е. экспоненциальная функция при переборе заменена линейной функцией. При этом для запоминания промежуточных значений необходимо k≤2c ячеек памяти. Если в качестве максимизируемого критерия использовать P(Ω)=∏(1-pi)/∏(1-pi), то необходимо решить задачу динамического iЄR(S) iЄR(Ω) программирования с мультипликативным критерием. Для этого достаточно прологарифмировать это выражение и обозначить

V=lgP(Ω)=lgР0-∑lg(1-pi). (3)

 iЄR(Ω)

Так как выражение, стоящее под знаком ∑ в (3), отрицательно, то, V= Vmax тогда, когда максимальна величина суммы, т.е. в этом случае получим новую целевую функцию

V=∑νi, где νi=lg (1-pi),

 iЄR(Ω)

обладающую свойством аддитивности и обращающуюся в максимум одновременно с P(Ω).

**1.2 Практическая часть**

Ручной счёт

Данные для расчета:

# С≤16

###### Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Qi | 0.17 | 0.03 | 0.15 | 0.09 | 0.13 | 0.08 | 0.07 | 0.02 | 0.06 | 0.04 |
| с(xi) | 5 | 1 | 4 | 2 | 6 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 |

##### Для удобства расчетов проранжируем таблицу1 следующим образом:

###### Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | 9 | 10 | 2 | 4 | 7 | 6 | 8 | 3 | 1 | 5 |
| Qi | 0.06 | 0.04 | 0.03 | 0.09 | 0.07 | 0.08 | 0.02 | 0.15 | 0.17 | 0.13 |
| с(xi) | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Вычисления сведем в таблицу 3:

###### Таблица 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Yk | f(Yk) | iYk | Ωl\* |
| 1 | 0,06 | 9 | 9 |
| 2 | 0,1 | 10 | 9,10 |
| 3 | 0,15 | 4 | 4,9 |
| 4 | 0,19 | 4 | 4,10,9 |
| 5 | 0,22 | 7 | 7,4,9 |
| 6 | 0,26 | 7 | 7,4,10,9 |
| 7 | 0,3 | 3 | 3,4,9 |
| 8 | 0,34 | 3 | 3,4,10,9 |
| 9 | 0,37 | 3 | 3,7,4,9 |
| 10 | 0,41 | 7 | 7,3,4,10,9 |
| 11 | 0,44 | 2 | 2,7,3,4,10,9 |
| 12 | 0,47 | 1 | 1,3,4,9 |
| 13 | 0,51 | 1 | 1,3,4,10,9 |
| 14 | 0,54 | 2 | 2,1,3,4,10,9 |
| 15 | 0,58 | 7 | 7,1,3,4,10,9 |
| 16 | 0,61 | 1 | 1,2,7,3,4,10,9 |

Оптимальный набор включает параметры Ω\*= {1,2,7,3,4,10,9} при этом

P(Ω) = 0,61+0,16 = 0,77 и С = 16.

**Листинг программы**

**unit Unit1;**

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,

Dialogs, ToolWin, ComCtrls, mdCONTROLS, Grids, StdCtrls, ExtCtrls, Unit2,

Buttons;

type

TForm1 = class(TForm)

sgH: TStringGrid;

sgP: TStringGrid;

sgC: TStringGrid;

sgQ: TStringGrid;

lbC: TLabeledEdit;

BitBtn1: TBitBtn;

Label1: TLabel;

sgW: TStringGrid;

Label2: TLabel;

procedure FormCreate(Sender: TObject);

procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);

procedure sgExit(Sender: TObject);

private

{ Private declarations }

public

H: TH;

P: TP;

C: TC;

W: TW;

end;

var

Form1: TForm1;

implementation

{$R \*.dfm}

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);

var i,j: integer;

x: Byte;

f: TextFile;

begin

AssignFile(f, 'data.txt');

Reset(f);

sgW.Cells[0,0] := 'W';

// Ввод исходной матрицы

readln(f);

for j:=1 to 10 do

begin

sgH.Cells[0,j] := IntToStr(j);

sgW.Cells[0,j] := IntToStr(j);

for i:=1 to 10 do

begin

sgH.Cells[i,0] := IntToStr(i);

read(f, x);

sgH.Cells[i,j] := IntToStr(x);

if x = 1 then

H[i-1,j-1] := true

else

H[i-1,j-1] := false;

end;

readln(f);

end;

// Ввод вероятностей

readln(f);

readln(f);

sgP.Cells[0,0] := 'P';

for i:=1 to 10 do

begin

read(f, P[i-1]);

sgP.Cells[i,0] := FloatToStr(P[i-1]);

end;

readln(f);

// Ввод стоимостей

readln(f);

readln(f);

sgC.Cells[0,0] := 'C';

for j:=1 to 10 do

begin

read(f, C[j-1]);

sgC.Cells[0,j] := IntToStr(C[j-1]);

end;

CloseFile(f);

// Ввод вероятностей обнаружения отказа

sgQ.Cells[0,0] := 'Q';

for j:=1 to 10 do

sgQ.Cells[0,j] := FloatToStr(Q(j-1,H,P));

lbC.Text := '1';

end;

procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender: TObject);

var i: integer;

begin

label1.Caption := FloatToStr(maxf(1, StrToInt(lbC.Text), H,P,C, W));

for i:=1 to 10 do

begin

sgW.Cells[2,i] := IntToStr(W[i-1].N);

if W[i-1].E then

sgW.Cells[1,i] := '1'

else

sgW.Cells[1,i] := '0';

end;

end;

procedure TForm1.sgExit(Sender: TObject);

var i,j: integer;

begin

for j:=1 to 10 do

for i:=1 to 10 do

if sgH.Cells[i,j] = '1' then

H[i-1,j-1] := true

else

H[i-1,j-1] := false;

for i:=1 to 10 do

P[i-1] := StrToFloat(sgP.Cells[i,0]);

for j:=1 to 10 do

C[j-1] := StrToInt(sgC.Cells[0,j]);

// Ввод вероятностей обнаружения отказа

for j:=1 to 10 do

sgQ.Cells[0,j] := FloatToStr(Q(j-1,H,P));

end;

end.

**unit Unit2;**

interface

type

TH = array [0..9, 0..9] of boolean;

TP = array [0..9] of extended;

TC = array [0..9] of integer;

TDateW = record

E: boolean;

N: integer;

end;

TW = array [0..9] of TDateW;

function Q(j: integer; H: TH; P: TP): extended;

function maxf(n, Yk: integer; H: TH; P: TP; C: TC; var W: TW): extended;

implementation

function Q(j: integer; H: TH; P: TP): extended;

var i: integer;

begin

Result := 0;

for i:=0 to 9 do

if H[i,j] then

Result := Result + P[i];

end;

function G(j: integer; H: TH; P: TP; W: TW): extended;

var i,k: integer;

begin

Result := 0;

for i:=0 to 9 do

if H[i,j] then

for k:=0 to 9 do

if W[k].E and H[i,k] then

begin

Result := Result + P[i];

Break;

end;

end;

function f(n, Yk, j: integer; H: TH; P: TP; C: TC; var W: TW): extended;

begin

Result := Q(j,H,P) + maxf(n+1, Yk - C[j], H,P,C, W) - G(j,H,P,W);

end;

function maxf(n, Yk: integer; H: TH; P: TP; C: TC; var W: TW): extended;

var j,i: integer;

ft: extended;

Wt: TW;

begin

Result := 0;

for i:=0 to 9 do

begin

W[i].E := false;

W[i].N := 0;

end;

for j:=0 to 9 do

if C[j] <= Yk then

begin

for i:=0 to 9 do

begin

Wt[i].E := false;

Wt[i].N := 0;

end;

ft := f(n, Yk, j, H,P,C, Wt);

if Result < ft then

begin

Result := ft;

W := Wt;

W[j].E := true;

W[j].N := n;

end;

end;

end;

end.

**2. Метод ветвей и границ**

**2.1 Теоретическая часть**

Рассмотрим следующую задачу целочисленного программирования. Требуется максимизировать выражение:

 n

L=∑cj∙xj (4)

 j=1

при ограничениях

n

∑аij∙xj≤bi, i=1, …,m (5)

j=1

xjЄ{0;1}, j=1, …,n

причем сj≥0, aij≥0.

Метод ветвей и границ использует последовательно-параллельную схему построения дерева возможных вариантов. Первоначально ищут допустимый план и для каждого возможного варианта определяют верхнюю границу целевой функции. Ветви дерева возможных вариантов, для которых верхняя граница ниже приближенного решения, из дальнейшего рассмотрения исключают.

Эффективность вычислительных алгоритмов зависит от точности и простоты способа определения верхней границы возможных решений и точности определения приближенного решения. Чем точнее способ определения верхней границы целевой функции, тем больше бесперспективных ветвей отсекается в процессе оптимизации. Однако увеличение точности расчета верхних границ связано с возрастанием объема вычислений. Например, если для оценки верхней границы использовать симплекс-метод, то результат будет достаточно точным, но потребует большого объема вычислительной работы.

Рассмотрим алгоритм решения задачи методом ветвей и границ с простым и эффективным способом оценки верхней границы целевой функции.

Обозначим: U – множество переменных xj; S – множество фиксированных переменных, вошедших в допустимое решение; Es – множество зависимых переменных, которые не могут быть включены в множество S, так как для них выполняется неравенство

аij> bi - ∑аij∙xj, i=1, …,m

 xjЄS

GS – множество свободных переменных, из которых производится выбор для включения в S очередной переменной.

Рассмотрим первоначально одномерную задачу, когда m=1 и задача (4) имеет только одно ограничение вида (5).

Обозначим h1j = cj/a1j и допустим, что xjЄS (j=1, …,k<n) и выполняются условия

h1,k+1≥ h1,k+2≥ …≥ h1l, l≤n,

l

∑a1j>b1 - ∑ a1j∙xj,

j=k+1 xjЄS

l-1

∑a1j≤b1 - ∑ a1j∙xj,

j=k+1 xjЄS

Условия означают, что во множество S без нарушения неравенства (5) можно дополнительно ввести элементы xk+1, xk+2, …, xl-1. При введении во множество S элементов xk+1, xk+2, …, xl неравенство (5) не выполняется.

Для определения верхней границы решения может быть использовано выражение

Hs =∑cj∙xj + Ls’,

 xjЄS

где

 l-1

Ls’ = ∑сj + h1l∆b1 ,

 j=k+1

 l-1

∆b1 = b1 - ∑ a1j∙xj - ∑a1j.

 xjЄS j=k+1

Из условий следует, что Ls’не меньше максимального значения величины

∑cj∙xj

xjЄGS

при ограничениях

∑ a1j ∙xj b1 - ∑ a1j∙xj = b1’,

xjЄGS  xjЄS

xjЄ {0;1}, xjЄGS ,

Выбор очередной переменной для включения во множество S производится с помощью условия

h1r(xr) = max h1j(xj)

xjЄGS

# Для выбранной переменной xr определяются величины Hs(xr) и Hs(xr), т.е. в S включаются xr = 1 или xr = 0.

Если в процессе решения окажется, что во множестве GS нет элементов, которые могут быть введены во множество S без нарушения ограничения (5), то полученное решение Ls =∑cj∙xj принимается в качестве первого приближенного xjЄSрешения L0.

Все вершины дерева возможных вариантов, для которых выполняются условия

Hs≤ L0, из дальнейшего рассмотрения исключаются.

Из оставшихся ветвей выбирается ветвь с максимальным значением Hs, и процесс поиска оптимального варианта продолжается. Если в процессе решения будет найдено Ls = ∑cj∙xj > L0, то полученное решение принимается

 xjЄS

в качестве нового приближенного результата. Вычислительная процедура заканчивается, если для оставшихся ветвей выполняется условие Hs≤ L0.

**2.2 Практическая часть**

**Ручной счёт**

Данные для расчета:

# С≤16

###### Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Qi | 0.17 | 0.03 | 0.15 | 0.09 | 0.13 | 0.08 | 0.07 | 0.02 | 0.06 | 0.04 |
| с(xi) | 5 | 1 | 4 | 2 | 6 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| hj | 0.034 | 0.03 | 0.0375 | 0.045 | 0.0217 | 0.0267 | 0.035 | 0.0067 | 0.06 | 0.04 |

##### Для удобства расчетов проранжируем таблицу 4 в порядке убывания hj и присвоим новые номера элементам, следующим образом:

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| n | 9 | 4 | 10 | 3 | 7 | 1 | 2 | 6 | 5 | 8 |
| Qi | 0.06 | 0.09 | 0.04 | 0.15 | 0.07 | 0.17 | 0.03 | 0.08 | 0.13 | 0.02 |
| с(xi) | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 5 | 1 | 3 | 6 | 3 |
| hj | 0.06 | 0.045 | 0.04 | 0.0375 | 0.035 | 0.034 | 0.03 | 0.0267 | 0.02167 | 0.0067 |

Для формирования таблицы 6 произведем расчеты:

1)

8

∑сj=19>b1 - ∑ cj∙xj=16-0=16;

j=1 xjЄS

7

∑сj=16≤16;

j=1

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-0-16=0

 xjЄS j=1

Hs(x1) = q1+q2+q3+q4+q5+q6+q7+h8∆с = **0.61**

8

∑сj=18>b1 - ∑ cj∙xj=16-0=16;

j=2 xjЄS

7

∑сj=15≤16;

j=2

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-0-15=1

 xjЄSj=2

Hs(x1) = q2+q3+q4+q5+q6+q7+h8∆с = **0.5767**

2)

8

∑сj=18>b1 - ∑ cj∙xj=16-1=15;

j=2 xjЄS

7

∑сj=15≤15;

j=2

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-15=0

 xjЄS j=2

Hs(x2) = q1+q2+q3+q4+q5+q6+q7+h8∆с = **0.61**

8

∑сj=16>b1 - ∑ cj∙xj=16-1=15;

j=3 xjЄS

7

∑сj=13≤15;

j=3

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-13=2

 xjЄS j=3

Hs(x2) = q1+q3+q4+q5+q6+q7+h8∆с = **0.5734**

3)

8

∑сj=16>b1 - ∑ cj∙xj=16-1-2=13;

j=3 xjЄS

7

∑сj=13≤13;

j=3

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-2-13=0

 xjЄS j=3

Hs(x3) = q1+q2+q3+q4+q5+q6+q7+h8∆с = **0.61**

8

∑сj=15>b1 - ∑ cj∙xj=16-1-2=13;

j=4 xjЄS

7

∑сj=12≤13;

j=4

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-2-12=1

 xjЄS j=4

Hs(x3) = q1+q2+q4+q5+q6+q7+h8∆с = **0.5967**

4)

8

∑сj=15>b1 - ∑ cj∙xj=16-1-2-1=12;

j=4 xjЄS

7

∑сj=12≤12;

j=4

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-2-1-12=0

 xjЄS j=4

Hs(x4) = q1+q2+q3+q4+q5+q6+q7+h8∆с = **0.61**

9

∑сj=17>b1 - ∑ cj∙xj=16-1-2-1=12;

j=5 xjЄS

8

∑сj=11≤12;

j=5

 8

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-2-1-11=1

 xjЄS j=5

Hs(x4) = q1+q2+q3+q5+q6+q7+q8+h9∆с = **0.56167**

5)

8

∑сj=11>b1 - ∑ cj∙xj=16-1-2-1-4=8;

j=5 xjЄS

7

∑сj=8≤8;

j=5

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-2-1-4-8=0

 xjЄS j=5

Hs(x5) = q1+q2+q3+q4+q5+q6+q7+h8∆с = **0.61**

8

∑сj=9>b1 - ∑ cj∙xj=16-1-2-1-4=8;

j=6 xjЄS

7

∑сj=6≤8;

j=6

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-2-1-4-6=2

 xjЄS j=6

Hs(x5) = q1+q2+q3+q4+q6+q7+h8∆с = **0.5934**

6)

8

∑сj=9>b1 - ∑ cj∙xj=16-1-2-1-4-2=6;

j=6 xjЄS

7

∑сj=6≤6;

j=6

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-2-1-4-2-6=0

 xjЄS j=6

Hs(x6) = q1+q2+q3+q4+q5+q6+q7+h8∆с = **0.61**

9

∑сj=10>b1 - ∑ cj∙xj=16-1-2-1-4-2=6;

j=7 xjЄS

8

∑сj=4≤6;

j=7

 7

∆с = с - ∑ сj∙xj - ∑сj=16-1-2-1-4-2-4=2

 xjЄS j=6

Hs(x6) = q1+q2+q3+q4+q5+q7+q8+h9∆с = **0.56334**

7) Cs = ∑ cj∙xj, проверяем условие С-Сs. Если с (xj)> С-Сs, то эти

 xjЄS

элементы вводятся в множество Es.

Es = {x8,x9,x10}

с7=1>b1 - ∑ cj∙xj=16-1-2-1-4-2-5=1;

 xjЄS

с7=1≤1;

Условие не выполняется.

8) Ls = q1+q2+q3+q4+q5+q6+q7 = **0.61**

Ls принимается в качестве приближенного решения L0. Так как все вершины дерева, для которых выполняется условие Hs≤ L0, из дальнейшего рассмотрения исключаются, то процесс расчета прекращается.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | S | Es | Gs | Hs | xr | Hs(xr) | Hs(xr) | L0 |
| 1 | ∅ | ∅ | 1…10 | 0.61 | x1 | 0.61 | 0.5767 |  |
| 2 | x1 | ∅ | 2…10 | 0.61 | x2 | 0.61 | 0.5734 |  |
| 3 | x1,x2 | ∅ | 3…10 | 0.61 | x3 | 0.61 | 0.5967 |  |
| 4 | x1,x2,x3 | ∅ | 4…10 | 0.61 | x4 | 0.61 | 0.56167 |  |
| 5 | x1,x2,x3,x4 | ∅ | 5…10 | 0.61 | x5 | 0.61 | 0.5934 |  |
| 6 | x1,x2,x3,x4,x5 | ∅ | 6…10 | 0.61 | x6 | 0.61 | 0.56334 |  |
| 7 | x1,x2,x3,x4,x5,x6 | 8,9,10 | 7 | 0.61 | x7 | 0.61 | 0.56334 |  |
| 8 | x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7 | 8,9,10 | ∅ | - | - | - | - | 0.61 |

Для контроля системы необходимо использовать следующие параметры контроля: x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7.

Перейдем на старую нумерацию элементов и построим дерево возможных вариантов решения. Оно представлено на рис.1. Около каждой вершины указана верхняя граница решения. Так как все эти оценки не превышают величины 0,61, то, следовательно, полученное решение L0 = 0,61 является оптимальным. Таким образом необходимо использовать следующие параметры контроля: x9,x4,x10,x3,x7,x1,x2.

0,5767

0,61

0,61

0,61

0,61

0,61

0,61

0,61

0,56334

0,56334

0,5934

0,56167

0,5967

0,5734

0,61

Рис.1

**Листинг программы**

program vetvi;

const

maxmatrix=1000;

maxsize=200;

type linear=array[1..10000] of integer;

label skip;

var matrix:array[1..1000] of pointer;

n:integer;

sizeofm:word;

q,w,e,r:integer;

start\_m:integer;

sm:^linear;

bestx,besty:integer;

bz:integer;

ochered:array[1..1000] of

record

id:integer;

ocenka:integer;

end;

nochered:integer;

workm,workc:integer;

leftm,rightm:integer;

first,last:integer;

best:integer;

bestmatr:array[1..maxsize] of integer;

bestmatr1:array[1..maxsize] of integer;

curr:integer;

procedure swapo(a,b:integer);

begin

ochered[1000]:=ochered[a];

ochered[a]:=ochered[b];

ochered[b]:=ochered[1000];

end;

procedure addochered(id,ocenka:integer);

var

curr:integer;

begin

inc(nochered);

ochered[nochered].id:=id;

ochered[nochered].ocenka:=ocenka;

{Uravnoveshivanie ocheredi}

curr:=nochered;

while true do

begin

if curr=1 then break;

if ochered[curr].ocenka< ochered[curr div 2].ocenka

then

begin

swapo(curr,curr div 2);

curr:=curr div 2;

end

else break;

end;

end;

procedure getochered(var id,ocenka:integer);

var

curr:integer;

begin

id:=ochered[1].id;

ocenka:=ochered[1].ocenka;

ochered[1]:=ochered[nochered];

dec(nochered);

curr:=1;

while true do

begin

if (curr\*2+1> nochered) then break;

if (ochered[curr\*2].ocenka< ochered[curr].ocenka) or

(ochered[curr\*2+1].ocenka<ochered[curr].ocenka) then

begin

if ochered[curr\*2].ocenka> ochered[curr\*2+1].ocenka

then

begin

swapo(curr\*2+1,curr);

curr:=curr\*2+1;

end

else

begin

swapo(curr\*2,curr);

curr:=curr\*2;

end;

end else break;

end;

end;

function getid:integer;

var q:integer;

qw:^linear;

begin

if memavail<10000 then

begin

q:=ochered[nochered].id;

{ exit;}

end else

begin

for q:=1 to maxmatrix do

if matrix[q]=nil then break;

getmem(matrix[q],sizeofm);

end;

qw:=matrix[q];

fillchar(qw^,sizeofm,0);

getid:=q;

end;

procedure freeid(id:integer);

begin

freemem(matrix[id],sizeofm);

matrix[id]:=nil;

end;

function i(x,y:integer):integer;

begin

i:=(y-1)\*n+x+1;

end;

function simplize(id:integer):integer;

var

q,w:integer;

t:^linear;

add:integer;

min:integer;

begin

t:=matrix[id];

add:=0;

for q:=1 to n do

begin

min:=maxint;

for w:=1 to n do

if t^[i(w,q)]< >-1 then

if min> t^[i(w,q)] then min:=t^[i(w,q)];

if min<>0 then

for w:=1 to n do

if t^[i(w,q)]< >-1 then

dec(t^[i(w,q)],min);

if min>32000 then min:=0;

inc(add,min);

end;

for q:=1 to n do

begin

min:=maxint;

for w:=1 to n do

if t^[i(q,w)]< >-1 then

if min> t^[i(q,w)] then min:=t^[i(q,w)];

if min<>0 then

for w:=1 to n do

if t^[i(q,w)]< >-1 then

dec(t^[i(q,w)],min);

if min>32000 then min:=0;

inc(add,min);

end;

simplize:=add;

end;

function bestziro(id:integer):integer;

var

t:^linear;

q,w,e,x,y:integer;

min1,min2:integer;

l1,l2:array[1..maxsize] of integer;

begin

t:=matrix[id];

fillchar(l1,sizeof(l1),0);

fillchar(l2,sizeof(l2),0);

for q:=1 to n do

begin

min1:=maxint;min2:=maxint;

for w:=1 to n do

if t^[i(w,q)]< >-1 then

begin

if min2> t^[i(w,q)] then min2:=t^[i(w,q)];

if min1> min2 then

begin

e:=min1;

min1:=min2;

min2:=e;

end;

end;

if min1<>0 then min2:=0;

if min2>32000 then min2:=0;

l2[q]:=min2;

end;

for q:=1 to n do

begin

min1:=maxint;min2:=maxint;

for w:=1 to n do

if t^[i(q,w)]< >-1 then

begin

if min2> t^[i(q,w)] then min2:=t^[i(q,w)];

if min1> min2 then

begin

e:=min1;

min1:=min2;

min2:=e;

end;

end;

if min1<>0 then min2:=0;

if min2>32000 then min2:=0;

l1[q]:=min2;

end;

bz:=-32000;

bestx:=0;besty:=0;

for y:=n downto 1 do

for x:=1 to n do

if (t^[i(x,y)]=0) then

if l1[x]+l2[y]> bz then

begin

bestx:=x;

besty:=y;

bz:=l1[x]+l2[y];

end;

bestziro:=bz;

end;

begin

assign(input,'input.txt');

assign(output,'vetvi.out');

reset(input);

rewrite(output);

nochered:=0;

read(n);

sizeofm:=n\*(n+2)\*2+2;

start\_m:=getid;

sm:=matrix[start\_m];

for q:=1 to n do

for w:=1 to n do

read(sm^[i(w,q)]);

addochered(start\_m,0);

{ ;

bestziro(start\_m);}

{Sobstvenno reshenie}

best:=maxint;

while true do

begin

if nochered=0 then break;

getochered(workm,workc);

{process MATRIX}

inc(workc,simplize(workm));

if workc> best then goto skip;

sm:=matrix[workm];

if sm^[1]=n-1 then

begin

best:=workc;

for q:=1 to n do

begin

bestmatr [q]:=sm^[i(q,n+2)];

bestmatr1[q]:=sm^[i(q,n+1)];

end;

goto skip;

end;

q:=bestziro(workm);

if q=-32000 then goto skip;

{Pravaia vetka}

if(bestx=0) or (besty=0) then goto skip;

rightm:=getid;

move(matrix[workm]^,matrix[rightm]^,sizeofm);

sm:=matrix[rightm];

sm^[i(bestx,besty)]:=-1;

addochered(rightm,workc+q);

{Levaia vetka}

leftm:=getid;

move(matrix[workm]^,matrix[leftm]^,sizeofm);

sm:=matrix[leftm];

{Dobavliaetsia rebro iz bestx v besty}

inc(sm^[1]);

sm^[i(bestx,n+2)]:=besty;

sm^[i(besty,n+1)]:=bestx;

first:=bestx;last:=besty;

if sm^[1]< >n-1 then

begin

while true do

begin

if sm^[i(last,n+2)]=0 then break;

last:=sm^[i(last,n+2)];

end;

while true do

begin

if sm^[i(first,n+1)]=0 then break;

first:=sm^[i(first,n+1)];

end;

sm^[i(last,first)]:=-1;

sm^[i(first,last)]:=-1;

sm^[i(besty,bestx)]:=-1;

end;

for w:=1 to n do

begin

sm^[i(w,besty)]:=-1;

sm^[i(bestx,w)]:=-1;

end;

addochered(leftm,workc);

skip:

{Free Matrix}

freeid(workm);

end;

{ freeid(start\_m);}

if best=maxint then

begin

writeln('Путь не существует');

end else

begin

writeln('Длина пути:',best);

for q:=1 to n do

if bestmatr[q]=0 then break;

e:=q;

for curr:=1 to n do

if bestmatr[curr]=q then break;

while true do

begin

write(curr,' ');

curr:=bestmatr1[curr];

if curr=0 then

begin

writeln(e);

break;

end;

end;

end;

close(input);

close(output);

end.

**Вывод**

При решении поставленной задачи оба метода дали одинаковый результат, что показывает правильность понимания и выполнения курсовой работы. Таким образом, необходимо использовать следующие параметры контроля: x9,x4,x10,x3,x7,x1,x2.

Метод динамического программирования достаточно прост для выполнения, но имеет существенный недостаток: при его использовании для счёта вручную возникают вычислительные трудности даже для простых систем.

Метод ветвей и границ является более сложным для понимания, но он оказался проще при ручном счёте. Недостатком является большая сложность программирования метода.

**Литература**

1. Селезнев А.В., Добрица Б.Т., Убар Р.Р. «Проектирование автоматизированных систем контроля бортового оборудования летательных аппаратов» стр. 90-95
2. Алексеев О.Г. «Комплексное применение методов дискретной оптимизации» стр. 18-25