

BIỆN PHÁP NÂNG CAO NĂNG SUẤT THI CÔNG CÔNG TRÌNH ĐƯỜNG BỘ VÀ GIẢM THIỂU TỐI ĐA CHI PHÍ BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUY HOẠCH TOÁN HỌC

● TĂNG TẤN MINH - PHAN VĂN TUÂN

TÓM TẮT:

Bài viết đưa ra phương pháp xây dựng bài toán quy hoạch tuyến tính để lựa chọn máy, thiết bị thi công công trình đường bộ. Bài toán căn cứ vào các ràng buộc cụ thể nhằm đáp ứng đầy đủ khối lượng công việc theo kế hoạch. Mặt khác, bài toán còn thỏa mãn hàm mục tiêu cho trước là cực tiểu chi phí ca máy và đảm bảo thời gian thi công là ngắn nhất. Kết quả được áp dụng để khuyến nghị phương án lựa chọn máy thi công cho các công trình có cùng khối lượng công việc, và gợi ý trang bị máy móc, thiết bị cho công tác thi công theo tuyến cụ thể cho đơn vị thi công.

Từ khóa: quy hoạch toán học, tối ưu hóa, máy công trình.

1. Đặt vấn đề

Công tác thi công các công trình cầu, đường thường sử dụng số lượng máy thi công tại công trình rất lớn, song công tác quản lý và khai thác máy chưa hợp lý, dẫn đến tình trạng một số máy thi công chưa sử dụng hết công suất và hệ số sử dụng thời gian, vì thế, nhiều máy thi công phải thanh lý trước thời hạn quy định. Bên cạnh đó, nhiều máy thi công đã hết thời gian khấu hao vẫn còn trong biên chế đội máy. Trong số những nguyên nhân dẫn tới hậu quả nêu trên là do việc đầu tư trang thiết bị máy thi công chưa hợp lý; tính năng kỹ thuật các máy chưa hoàn toàn phù hợp với đối tượng khai thác, có nhiều chủng loại máy và phân tán, việc quản lý khai thác gặp nhiều khó khăn, các máy được lựa chọn chưa đảm bảo chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật cao bởi các nguyên nhân chính sau:

Công tác quản lý thiết bị thi công còn thiếu chặt chẽ, lỏng lẻo nên chưa sử dụng được hết công suất các tổ hợp máy thi công hiện có, chưa có chế độ

bảo dưỡng phù hợp, gây ra hỏng hóc trong quá trình thi công, dẫn tới năng suất thường thấp hơn so với định mức.

- Trong những năm gần đây, do biến động của nền kinh tế, nên hầu hết các công ty xây dựng công trình giao thông đều gặp khó khăn trong việc đầu tư trang thiết bị và máy thi công. Việc tìm nguồn vốn để đầu tư mua sắm thí bị thi công gặp nhiều khó khăn.

- Công tác quản lý đội máy thi công tại công trình chưa thực sự phù hợp với điều kiện thực tế nên chưa khai thác và sử dụng hết công suất, tiềm năng của các đội máy.

- Việc trang bị máy thi công chưa đồng bộ, tổ chức phối hợp giữa các máy trong đội máy chưa thích hợp, nên chưa phát huy hết công suất sẵn có của các máy móc, thiết bị.

Quy hoạch nguyên (Integer Programming) [1, 3], viết tắt là IP, là bài toán quy hoạch mà trong đó tất cả hoặc một phần các biến bị ràng buộc chỉ lấy giá trị

nguyên. Trường hợp thứ nhất được gọi là quy hoạch nguyên hoàn toàn (Pure Integer Programming - PIP), trường hợp thứ hai được gọi là quy hoạch nguyên bộ phận (Mixed Integer Programming - MIP). Tuy vậy, thuật ngữ “quy hoạch nguyên” được dùng chung cho cả 2 trường hợp.

Các bài toán đơn giản nhất mà cũng là quan trọng nhất trong các bài toán quy hoạch nguyên là các bài toán chọn các quyết định (chọn/không chọn). Chẳng hạn như bài toán bổ nhiệm, biến quyết định việc bổ nhiệm nhận giá trị như sau:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Nếu người } i \text{ nhận công việc } j \\ 0 & \text{Nếu người } i \text{ không nhận công việc } j \end{cases}$$

Vì các biến quyết định thường chỉ nhận 1 trong 2 giá trị, nên bài toán này còn được gọi là bài toán quy hoạch nguyên nhị phân (Binary Integer Programming).

2. Mô hình bài toán

Mô hình bài toán tính chọn máy thi công theo phương pháp quy hoạch toán học gồm 2 phần: Hàm mục tiêu và phần mô tả các ràng buộc.

2.1. Hàm mục tiêu có thể chọn theo các định hướng sau

- Tổng chi phí ca máy nhỏ nhất.
- Tổng năng suất khai thác lớn nhất.
- Tổng lợi nhuận đầu tư cơ giới cao nhất.
- Tổng thời gian thi công ngắn nhất.

Khi đặt ra bài toán có thể lựa chọn từng mục tiêu để tính chọn máy thi công hoặc thỏa mãn hai lòng một số mục tiêu cho trước, đối với mô hình bài toán lựa chọn thiết bị san lấp, tác giả chọn tổng chi phí ca máy nhỏ nhất là hàm mục tiêu đặt ra cho bài toán [1, 3].

2.2. Các ký hiệu dùng cho bài toán

X_{ij} (ca) - Số ca máy loại i làm công việc j .

n_{ij} - Số loại máy i làm công việc j .

C_{ij} (đồng/ca) - Giá ca máy của máy loại i làm công việc j .

T_i (ca) - Quỹ thời gian làm việc cho phép (số ca máy cho phép) của loại máy i trong thời kỳ thi công.

D_j (m^3 , tấn) - Khối lượng công việc j cần hoàn thành theo kế hoạch.

N_{ij} (m^3 /ca, tấn/ca) - Năng suất định mức của máy loại i làm công việc j .

F_i - Tập hợp các đặc trưng về khả năng làm việc của từng loại máy i .

δ_{ij} - Hàm Kroneker đặc trưng cho khả năng làm việc của loại máy i làm công việc j .

Y_j - Tập hợp các đặc trưng yêu cầu của công việc j .

Q_i - Nhóm đất thi công được của loại máy i .

B_i - Chiều sâu đào của loại máy i .

H_i - Chiều cao đắp của loại máy i .

N_i - Năng suất của loại máy i .

Q_j, H_j, S_j, B_j, N_j - Tương ứng như trên là nhu cầu đòi hỏi phải có của đối tượng khác thác j .

2.3. Mô hình bài toán

Cần tìm số ca máy X_{ij} của máy loại i làm công việc j trong dây chuyền thi công sao cho tổng chi phí ca máy là nhỏ nhất. Tức là phải thỏa mãn hàm mục tiêu:

$$L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \delta_{ij} X_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

Đồng thời thỏa mãn hệ ràng buộc phản ánh đặc điểm của dây chuyền thi công gồm:

- Tổng số thời gian làm việc (số ca máy) của loại máy i không vượt quá thời gian cho phép (số ca máy cho phép) của máy đó.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq T_i \quad (i = 1 \div m) \quad (2)$$

X_{ij} : số ca máy của máy loại i làm công việc j trong dây chuyền thi công

- Ràng buộc về khối lượng công việc: Khối lượng công việc do các máy thuộc loại i làm công việc j phải bằng khối lượng định trước cho công việc j :

$$\sum_{i=1}^m N_{ij} \delta_{ij} X_{ij} = D_j \quad (j = 1 \div n) \quad (3)$$

- Ràng buộc về khả năng khai thác:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Khi thỏa mãn mệnh đề } F \\ 0 & \text{Khi không thỏa mãn mệnh đề } F \end{cases} \quad (4)$$

Với $F = Q_i \geq Q_j \cap H_i \geq H_j \cap S_i \geq S_j \cap B_i \geq B_j$

Điều kiện không âm của số lượng máy (ràng buộc về dấu hoàn nguyên):

$$n_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{X_{dm}} \quad (i = 1 \div m, j = 1 \div n) \quad (5)$$

$$n_{ij} \geq 0 \quad (i = 1 \div m, j = 1 \div n) \quad (6)$$

hay:

$$X_{ij} \geq 0 \quad (i = 1 \div m, j = 1 \div n) \quad (7)$$

n_{ij} được làm tròn theo yêu cầu kỹ thuật [1, 3].

2.4. Triển khai các ràng buộc theo từng loại công việc

Căn cứ vào những đòi hỏi của công trình xây

dựng nói chung, xây dựng giao thông tiêu biểu như cầu, đường nói riêng, những công việc chủ yếu thường bao gồm: công tác làm đất (đào xúc đổ hoặc đào - vận chuyển - đắp), đầm lèn, san rải,... Mỗi công việc trên đòi hỏi những thông số khác nhau đối với máy thi công khác nhau. (Bảng 1)

2.5. Giải bài toán

Mô hình bài toán đáp ứng được yêu cầu đặt ra là: Cực tiểu về chi phí ca máy nhưng thỏa mãn được các yêu cầu khai thác, phù hợp với dây chuyền công nghệ thi công và điều kiện cụ thể của nhà thầu. Về mặt kinh tế, máy được chọn là những máy có tổng chi phí ca máy nhỏ nhất. Về mặt kỹ thuật, máy được chọn phù hợp với công việc đảm bảo thi công được trong thời kỳ thi công. Về mặt sử dụng, máy được chọn là những máy hiện có trong tỉnh và khu vực lân cận.

Sau khi giải bài toán trên, ta sẽ nhận được những kết quả sau:

+ Số lượng máy thi công loại i trên từng tuyến thi công

$$n_i = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{X_{dm}} \quad (i = 1 \div m, j = 1 \div n)$$

+ Tổng số lượng các loại máy khác nhau tham gia trong dây chuyền thi công

$$n = \sum_{i=1}^m n_i \quad (i = 1 \div m)$$

+ Tổng chi phí ca máy cho từng loại công việc
Tổng chi phí ca máy = $\sum_{i=1}^m X_{ij} \cdot c_i \quad (i = 1 \div m)$ [3]

3. Vận dụng giải bài toán tối ưu cho công trình

Để thử nghiệm bài toán, tác giả tiến hành căn cứ vào tài liệu thiết kế tuyến nâng cấp Quốc lộ 53 đoạn thành phố Trà Vinh - Cầu Ngang [6] ta có giá trị các thông số tính toán của công trình cho trong Bảng 2.

3.1. Xác định quỹ thời gian làm việc của máy thi công

Thời gian làm việc của máy thi công được xác định theo công thức [3]:

$$T_{xi} = [365 - (T_{cn} + T_{TL} + T_{scbd} + T_{nghỉ})] \cdot (1 + K_{ca2} + K_{ca3})$$

Bảng 1. Ý nghĩa các ký hiệu tương ứng với các hạng mục thi công (1, 3)

TT	Ký hiệu	Các hạng mục thi công				
		Máy đào một gầu	Máy ủi	Máy đầm lèn	Máy rải mặt đường	Ôtô vận chuyển
1	Q _{xi}	Nhóm đất thi công			Dung tích thùng rải	Sức chở
2	B _{xi}	Chiều sâu đào	Chiều rộng lưỡi ủi	Bề rộng vệt đầm	Chiều rộng rải	Chiều rộng
3	H _{xi}	Chiều cao đắp	Chiều cao lưỡi ủi	Chiều sâu đầm	Chiều dày lớp rải	Chiều cao
4	S _{xi}	Cự ly vận chuyển đất hợp lý				Chiều dài
5	A _{xi}	Năng suất				
6	T _{xi}	Quỹ thời gian				

Bảng 2. Giá trị các thông số tính toán của công trình (5-6)

TT	Ký hiệu	Yêu cầu đối tượng thi công					
		Đào xúc	Đào vận chuyển, đắp	Đầm nén	Ôtô vận chuyển	Rải mặt đường	Ghi chú
1	Q _j	Loại III	Loại III	Loại III	10 Tấn	12 Tấn	
2	B _j	1,5 (m)	2,0 (m)	1,8 (m)	2,8 (m)	3,0(m)	
3	H _j	2,0 (m)	0,75 (m)	0,2 (m)	3 (m)	0,1 (m)	
4	S _j	50 (m)	50 (m)		4,5 (m)		
5	D _j	45460 (m³)	85132 (m³)	97902 (m³)	94020 (m³)	220808 (m3)	
6	T _i (Ca)	152	96	115	260	75	

Trong đó: T_{cn} là số ngày chủ nhật trong 1 năm; T_{TL} là số ngày tết, lễ trong 1 năm; T_{scbd} là số ngày ngừng máy để hành sửa chữa, bảo dưỡng theo kế hoạch trong 1 năm; T_{nghe} là số ngày ngừng máy do thời tiết hoặc do các nguyên nhân ngẫu nhiên trong 1 năm; K_{ca2} là hệ số sử dụng ca 2; K_{ca3} là hệ số sử dụng ca 3; 365 là số ngày trong 1 năm.

3.2. Đối với công tác đào xúc đất (Máy đào 1 gầu)

Căn cứ vào định mức cho phép đối với máy đào, ta tính được tổng số ca và giá trị ca máy:

X_{dm1} là số ca máy đào theo định mức;
 $X_{dm1} = 152 \text{ Ca}$ [2, 6]

Tính năng suất máy đào một gầu:
 $T_{ck} = T_h + T_d + T_q + T_{dd} + T_{qv}$ (s)

Năng suất thực tế của máy đào một gầu được xác định theo công thức [2]:

$$N = \frac{3600 \cdot q \cdot K_{tg} \cdot K_d}{T_{ck} \cdot K_x} \cdot T_{ca} \text{ (m}^3/\text{ca)}$$

Trong đó: q là dung tích hình học gầu đào (m^3); k_x là hệ số tơi xốp của đất đá, $k_x = (1,1 - 1,4)$; k_{tg} là hệ số sử dụng thời gian, máy đào xúc đất, đổ lên ôtô, $k_{tg} = (0,7 - 0,8)$; k_d là hệ số đầy gầu, $k_d = 1,05$;

T_h là thời gian hạ gầu; T_d là thời gian đào; T_q là thời gian quay đến vị trí đổ; T_{dd} là thời gian đổ đất; T_{qv} là thời gian quay về vị trí đào; T_{ca} là số giờ làm việc trong 1 ca, $T_{ca} = 8$ giờ; T_{ck} là thời gian 1 chu kỳ công tác, Tra Bảng 2 [2], ta chọn $T_{ck} = 23$ (s).

Căn cứ vào định mức của Nhà nước và các bảng cataloge của máy, các tài liệu kỹ thuật, kết hợp với khảo sát bằng phương pháp tính giờ (thống kê) ta xác định được bằng thời gian chu kỳ làm việc của máy đào. Từ đó ta xác định được năng suất của máy đào theo Bảng 3.

3.3. Đối với công tác san lấp (Máy ủi)

- Căn cứ vào định mức cho phép đối với máy ủi, ta tính được tổng số ca máy và giá trị ca máy:

X_{dm2} là số ca máy ủi theo định mức;
 $X_{dm2} = 96 \text{ ca}$ [2, 6]

Năng suất thực tế của máy ủi được xác định theo công thức [2]:

$$N = \frac{3600 \cdot V \cdot K_{tg} \cdot K_d}{T_{ck} \cdot K_x} \cdot T_{ca} \text{ (m}^3/\text{ca)}$$

$$V = \frac{B \cdot H^2}{2 \cdot t_{g\phi} \cdot K_x} \text{ (m}^3)$$

$$T_{ck} = \frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_0}{v_0} + t_c + t_h + 2t_q \text{ (s)}$$

Bảng 3. Danh mục tính toán máy đào (5-8)

TT	Tên gọi	Bi (m)	Hi (m)	Dung tích gầu (m³)	Năng suất (m³/ca)	Chi phí ca máy (đồng)
1	DEAWOO - DX340LC	7,533	10,345	1,25	1027,174	3.065.221
2	KOBELCO - SK 350 LC	10,58	7,56	1,4	1150,435	3.433.048
3	CATERPILLAR - 325DL	7,283	10,115	1,6	1314,783	3.663.101
4	KOMATSU - PC800LC-8	8,6	11,84	1,7	1396,957	3.892.045
5	KOBELCO - SK200	6,52	9,72	1,3	1068,261	3.065.221
6	KOBELCO - SK 250 LC	7,03	9,77	1,3	1068,261	3.065.221
7	CATERPILLAR - M318D	6,36	10	1,26	1035,391	3.065.221
8	KOMATSU - PC228USLC	6,62	10,7	1,26	1035,391	3.065.221
9	DEAWOO - S 225LCV	5,77	9,37	1,28	1051,826	3.113.875
10	KATO - HD900III - LC	6,92	9,91	1,3	1068,261	3.065.221
11	KOBELCO - SK450	7,8	10,95	1,4	1150,435	3.301.007
12	KOBELCO - SK290LC	7,23	10,06	1,44	1183,304	3.395.322
13	KATO - HD1430III-LC	7,4	10,33	1,6	1314,783	3.663.101
14	KOMATSU - PC300HD-8	7,265	10,226	1,44	1183,304	3.395.322

Trong đó: V là thể tích khối đất đá tích trước lưỡi ủi qua mỗi chu kỳ công tác; k_{tg} là hệ số sử dụng thời gian, $k_{tg} = 0,75$; k_d là hệ số phụ thuộc vào độ dốc của địa hình, $k_d = 1$; T_{ca} là thời gian 1 ca làm việc, $T_{ca} = 8$ giờ; T_{ck} là thời gian 1 chu kỳ công tác (giây), $T_{ck} = 71.46$ (s); t_c là thời gian gài số (giây), $t_c = 5$ giây; t_h là thời gian hạ lưỡi ủi (giây), $t_h = 2$ giây; t_q là thời gian quay máy (giây), $t_q = 10$ giây; B là chiều dài lưỡi ủi; l_1, l_2, l_0 là quãng đường đào, vận chuyển và đi trở về chỗ đào (m); H là chiều cao lưỡi ủi; φ là góc chảy tự nhiên của đất, $\varphi = 55^\circ$; k_x là hệ số tới xếp của đất đá, $k_x = 1,24$; v_1, v_2, v_0 là vận tốc đào, vận chuyển và đi trở về chỗ đào (m/s).

Căn cứ vào định mức Nhà nước và các bảng cataloge của máy, các tài liệu kỹ thuật, kết hợp với khảo sát bằng phương pháp tính giờ (thống kê) ta xác định được bảng thời gian chu kỳ làm việc của máy ủi. Từ đó, xác định được năng suất của máy ủi theo Bảng 4.

3.4. Đối với công tác đầm nén (Máy lu)

- Căn cứ vào định mức cho phép đối với máy lu,

ta tính được tổng số ca máy và giá trị ca máy:

X_{dm3} là số ca máy lu theo định mức;

$X_{dm3} = 115$ ca [2, 6]

Năng suất thực tế của máy lu được xác định theo công thức [2]:

$$N = \frac{1000(B - b).V.h.k_{tg}}{n} . T_{ca} \text{ (m}^3\text{/ca)}$$

Trong đó: B là bề rộng vệt đầm (m); b là khoảng cách trùng nhau giữa 2 vệt bánh đầm (m); V là tốc độ di chuyển máy khi đầm (km/h); h là chiều sâu tác dụng của đầm (m); k_{tg} là hệ số sử dụng thời gian, $k_{tg} = 0,85$; T_{ca} là thời gian 1 ca làm việc (giờ), $T_{ca} = 8$ giờ; n là số lần đầm nén trên một bề mặt, $n = (6 \div 10)$ lượt.

Căn cứ vào định mức của Nhà nước và các bảng cataloge của máy, các tài liệu kỹ thuật, kết hợp với khảo sát bằng phương pháp tính giờ (thống kê), ta xác định được bảng thời gian chu kỳ làm việc của máy lu. Từ đó, ta xác định được năng suất của máy lu theo Bảng 5.

3.5. Đối với công tác vận chuyển (Ô tô)

- Căn cứ vào định mức cho phép đối với ô tô

Bảng 4. Danh mục tính toán máy ủi (5-8)

TT	Tên gọi	Bi (m)	Hi (m)	Dung tích gầu (m³)	Năng suất (m³/ca)	Chi phí ca máy (đồng)
1	KOMATSU - D31EX	2,435	0,845	76	363,208	1,278,364
2	JOHN DEERE 550J	2,667	0,955	82	438,775	1,379,287
3	KOMATSU - D41P	3,045	1,06	112	706,915	1,804,308
4	CATERPILLAR - D6N	3,274	1,195	147	775,169	2,247,176
5	KOMATSU - D 61EX	3,275	1,2	158	828,797	2,415,332
6	CATERPILLAR - D6RII	3,36	1,257	188	948,241	2,678,422
7	KOMATSU - D65WX	3,97	1,1	193	899,488	2,391,519
8	CATERPILLAR - 814F seri II	3,596	1,11	235	648,411	2,911,953
9	KOMATSU - D 85PX	4,365	1,37	243	1438,206	3,011,083
10	KOMATSU - D 155AX-LT	3,955	1,72	314	2145,121	4,084,868
11	KOMATSU - WD600	5,1	1,43	320	1950,11	4,162,923
12	CATERPILLAR - 824H	4,507	1,229	359	1138,377	4,670,279
13	LIEBHERR - PR 724	3,204	1,2	163	772,731	2,415,332
14	LIEBHERR - PR 714	3,048	0,998	117	641,099	1,804,308
15	CATERPILLAR - D5G	2,69	1,101	101	533,843	1,626,584

Bảng 5. Danh mục tính toán máy lu (5-8)

TT	Tên gọi	Bi (m)	Hi (m)	Dung tích gầu (m³)	Năng suất (m³/ca)	Chi phí ca máy (đồng)
1	Lu bánh thép BOMAG - HYPAC C784	2,134	0,43	13	3755,82	1.024.444
2	Lu bánh thép BOMAG - BW151AP 4HF	1,68	0,25	8	2374,05	749.742
3	Lu bánh thép CATERPILLAR CB-564D	2,13	0,35	13	3092,572	1.024.444
4	Lu bánh thép CATERPILLAR CB-534D	1,7	0,25	10,4	1675,35	845.083
5	Lu bánh thép SAKAI - SW330	1,3	0,25	3,02	1938	939.830
6	Lu bánh lốp SAKAI - SV505T	2,13	0,35	11	2541,84	1.351.786
7	Lu rung SAKAI - SV510P II	2,13	0,3	11	2178,72	1.469.680
8	Lu rung CATERPILLAR CP-563E	2,13	0,25	12	1755,08	1.603.287
9	Lu rung CATERPILLAR CP-663E	2,13	0,25	16,5	1724,82	1.716.013
10	Lu bánh lốp DYNAPAC - CC422C HF	1,68	0,3	10,7	2984,52	1.351.786

vận chuyển ta tính được tổng số ca máy và giá trị ca máy:

X_{dm4} là số ca ô tô vận chuyển theo định mức;
 $X_{dm4} = 260 \text{ Ca}$ [2, 6]

Năng suất của ô tô vận chuyển tự đổ được xác định theo công thức [2]:

$$N = \frac{60 \cdot q \cdot K_{tg} \cdot K_d}{\gamma \cdot T_{ck}} \cdot T_{ca} \text{ (m}^3\text{/ca)}$$

Trong đó: K_{tg} là hệ số sử dụng thời gian, $K_{tg} = 0,85$; K_d là hệ số điền đầy thùng, $K_d = 1,2$; γ là khối lượng riêng của đất, $\gamma = 1,7 \text{ (tấn/m}^3\text{)}$; T_{ca} là số giờ làm việc trong 1 ca, $T_{ca} = 8 \text{ giờ}$; T_{ck} là thời gian 1 chu kỳ công tác (phút), $T_{ck} = t_n + t_d + t_c + t_k + t_p$; t_n ; t_d là thời gian nhận và dỡ tải của ô tô (phút); t_c ; t_k là thời gian chạy có tải và không tải của ô tô (phút); q là trọng tải chở cho phép của xe (tấn); $t_c = 11/v_0$, $t_k = 12/v_1$, l_1 và l_2 là chiều dài quãng đường xe chạy có tải và không tải, v_0 và v_1 là vận tốc xe chạy có tải và không tải, do vận chuyển trong điều kiện không thuận lợi, nên ta lấy $v_0 = 20 \text{ km/h}$ và $v_1 = 40 \text{ km/h}$; t_p là thời gian phục vụ khác (phút).

Căn cứ vào định mức của Nhà nước và các bảng cataloge của máy, các tài liệu kỹ thuật, kết hợp với khảo sát bằng phương pháp tính giờ (thống kê), ta xác định được bảng thời gian chu kỳ làm việc của ô tô vận chuyển tự đổ. Từ đó ta xác định được năng suất của ô tô vận chuyển tự đổ theo Bảng 6.

3.6. Đối với công tác rải bê tông nhựa (Máy rải thảm)

Căn cứ vào định mức cho phép đối với máy rải bê tông nhựa ta tính được tổng số ca máy và giá trị ca máy:

X_{dm5} là số ca máy rải bê tông nhựa theo định mức; $X_{dm5} = 75 \text{ ca}$ [2, 6]

Năng suất của máy rải bê tông nhựa được xác định theo công thức [2]:

$$N = 60 \cdot b \cdot h \cdot v \cdot \gamma \cdot T_{ca} \text{ (Tấn/ca)} \text{ [2]}$$

Trong đó: b là chiều rộng lớp nhựa rải (m); h là chiều dày lớp nhựa rải (m); v là tốc độ làm việc của máy (m/phút); γ là khối lượng riêng của lớp bê tông nhựa đã đầm và là phẳng, $\gamma = 2,2 \text{ tấn/m}^3$; T_{ca} là số giờ làm việc trong 1 ca, $T_{ca} = 8 \text{ giờ}$.

Căn cứ vào định mức của Nhà nước và các bảng cataloge của máy, các tài liệu kỹ thuật, kết hợp với khảo sát bằng phương pháp tính giờ (thống kê), ta xác định được bảng thời gian chu kỳ làm việc của máy rải nhựa đường. Từ đó, xác định được năng suất của ô tô vận chuyển tự đổ theo Bảng 7.

3.7. Giải bài toán

Căn cứ vào các số liệu đầu vào và các ràng buộc, tiến hành giải bài toán quy hoạch tuyến tính bằng cách nhập số liệu vào phần mềm “giải bài toán quy hoạch tuyến tính”, cho kết quả tối ưu như sau: (Hình 1 - 5)

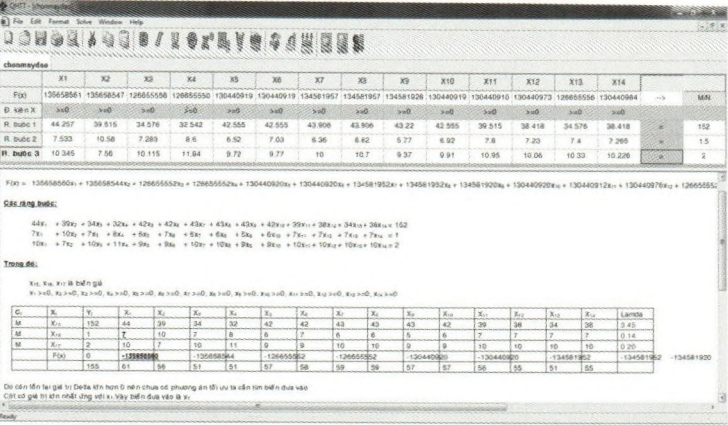
Bảng 6. Danh mục tính toán ô tô vận chuyển (5-8)

TT	Tên gọi	Bi (m)	Hi (m)	Dung tích gầu (m³)	Năng suất (m³/ca)	Chi phí ca máy (đồng)
1	NISAN CW51HD	2,49	2,855	10,25	31,572	1.228.902
2	ISUZU YSZ 490D	2,98	3,3	20	61,604	1.665.987
3	KOMATSU HD200-2	3,36	3,45	20	61,604	1.665.987
4	HINO KP703D	2,49	2,92	10,5	32,342	1.258.875
5	HINO TC303D	2,49	2,9	11	33,882	1.318.822
6	ISUZU TMK 67Z	2,465	2,8	10,5	32,342	1.258.875
7	NISAN WD151	3,14	2,49	15	46,203	1.463.357
8	NISAN CD34KD	2,49	2,855	11	33,882	1.318.822
9	NISAN WD20Y	2,99	3,55	20	61,604	1.665.987
10	ISUZU SPZ 450D	2,465	3,03	10,25	31,572	1.228.902
11	ISUZU SPZ 480D	2,48	3,18	15	46,203	1.463.357
12	HINO KP301D	2,49	2,92	10,75	33,112	1.288.849
13	ISUZU SBX 450D	2,465	2,96	10,75	33,112	1.288.849
14	KOMATSU HD180-4	3	3,3	18	55,444	1.499.388
15	HITACHI DM151A1	3	3,25	15	46,203	1.463.357

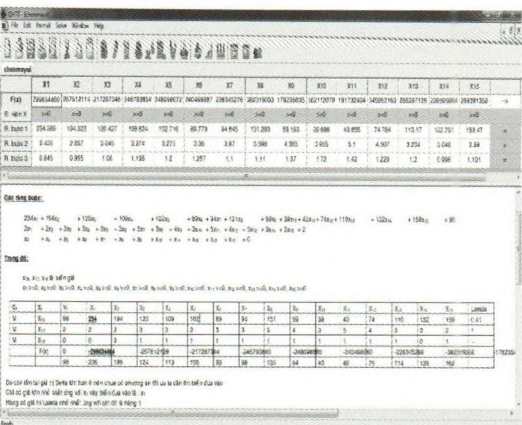
Bảng 7. Danh mục tính toán máy rải nhựa đường (5-8)

TT	Tên gọi	Bi (m)	Hi (m)	Dung tích gầu (m³)	Năng suất (m³/ca)	Chi phí ca máy (đồng)
1	NIGATA NFB6 WS-V	2,5	0,1	20	5280	1.813.889
2	NIGATA NF6 C-TV	2,5	0,2	18	9504	2.664.987
3	NIGATA NFB6 C-V	2,5	0,2	20	10560	2.664.987
4	NIGATA NFN220-BTV-DM	3	0,25	10	7920	1.596.772
5	SUMITOMO HA45CHI	3	0,15	10,2	4847,04	1.539.057
6	NIGATA NFN220-BV-DM	2,5	0,25	10	6600	1.596.772
7	Liên bang Đức AP-800 C(CAT)	2,438	0,3	4,5	3475,613	2.995.665
8	NIGATA NF6 W-TV	3	0,1	10	3168	2.029.576
9	NIGATA NF220-BTV-DM	3	0,2	10	6336	1.596.772
10	SUMITOMO HA45C5	2,46	0,15	11,5	4481,136	2.061.237

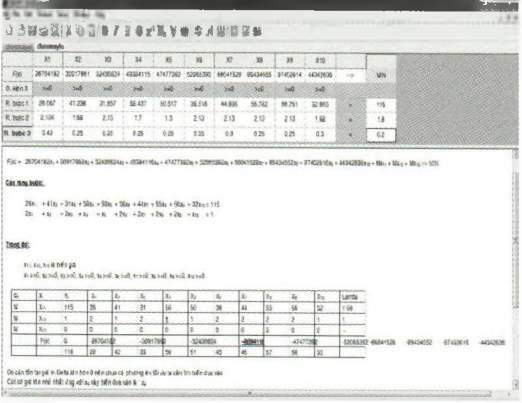
Hình 1. Kết quả giải bài toán
tính chọn máy đào



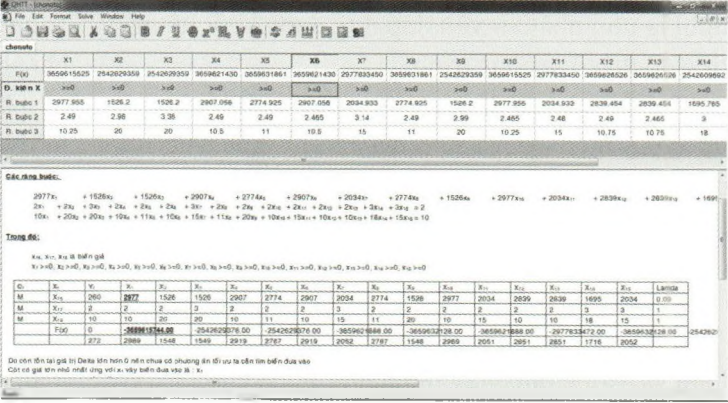
Hình 2. Kết quả giải bài toán
tính chọn máy ủi



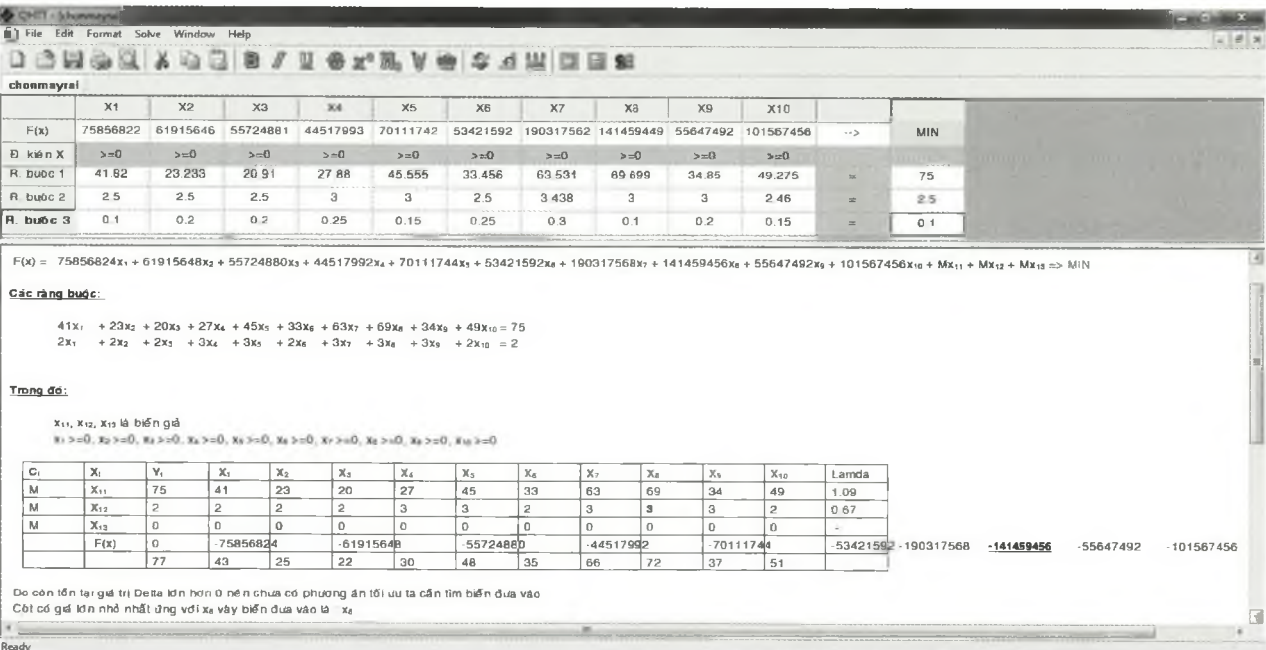
Hình 3: Kết quả giải bài toán
tính chọn máy lu



Hình 4: Kết quả giải bài toán
tính chọn ôtô



Hình 5: Kết quả giải bài toán tính chọn máy rải nhựa đường



Bảng 8. Danh mục các máy đã chọn

TT	Tên máy	Mã hiệu	Số lượng	Tổng chi phí ca máy (đồng)
1	Máy đào Deawoo	DX340LC	01	135.658.561
2	Máy ủi Komatsu	D31EX	03	299.634.460
3	Máy lu Caterpýllar	CB-534D	01	49.384.115
4	Ôtô Nisan	CW51HD	12	3.659.615.525
5	Máy rải Nigata	NF6 W-TV	01	141.459.449

Sau khi giải bài toán quy hoạch tuyến tính, ta nhận được danh mục các máy đáp ứng yêu cầu thi công công trình nâng cấp Quốc lộ 53 đoạn thành phố Trà Vinh - Cầu Ngang với mức chi phí khuyến nghị là nhỏ nhất và vẫn đáp ứng được khối lượng, tiến độ thi công công trình.

Căn cứ vào danh mục các máy, thiết bị đơn vị thi công hiện có và các máy trong khu vực thi công làm cơ sở dữ liệu để giải bài toán cụ thể theo từng tuyến sẽ cho ta danh mục các máy, thiết bị thi công tối ưu.

4. Kết luận

Bài viết đã xây dựng thành công mô hình bài toán và vận hành chạy thử nghiệm lựa chọn máy, thiết bị cho công trình nâng cấp Quốc lộ 53 đoạn

thành phố Trà Vinh - Cầu Ngang và đạt được một số kết quả sau:

- Ứng dụng mô hình bài toán và xây dựng mô hình ràng buộc cho từng hạng mục công việc để xác định số lượng và loại máy thi công hợp lý với chi phí ca máy nhỏ nhất.

- Nghiên cứu lý thuyết tính toán qua đó xây dựng mô hình bài toán để lựa chọn thiết bị thi công hợp lý.

- Mô hình này là cơ sở để các đơn vị thi công ứng dụng để tham khảo trong việc lựa chọn máy, thiết bị cho đơn vị.

Các kết quả nghiên cứu này góp phần vào việc khai thác có hiệu quả máy thi công và là tài liệu tham khảo hữu ích cho công tác nghiên cứu khoa học, thực tiễn sản xuất ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Vũ Thanh Bình (2010). *Trang bị cơ giới xây dựng và xếp dỡ theo hàm mục tiêu*. Tài liệu giảng dạy Cao học - Trường Đại học Giao thông Vận tải, Hà Nội.

2. Vũ Thanh Bình, Vũ Thế Lộc (1997). *Máy làm đất*. NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội.

3. Nguyễn Bính (2004). *Kinh tế máy xây dựng và xếp dỡ*. NXB Xây dựng, Hà Nội.

4. Vũ Văn Lộc, Ngô Thị Phương, Nguyễn Ngọc Thanh, Vũ Thị Xuân Hồng, Nguyễn Minh Trường (2005). *Sổ tay chọn máy thi công*. NXB Xây dựng, Hà Nội.

5. Nguyễn Tiến Thụ (2020). *Sổ tay máy xây dựng*. NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội.

6. Các tài liệu thiết kế, thi công của công trình nâng cấp Quốc lộ 53 đoạn từ thành phố Trà Vinh - Cầu Ngang.

7. Bảng giá ca máy và thiết bị thi công xây dựng công trình tỉnh Trà Vinh.

8. Website: <http://xemaycongtrinh.com.vn>

Ngày nhận bài: 8/5/2022

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 23/5/2022

Ngày chấp nhận đăng bài: 11/6/2022

Thông tin tác giả:

1. TĂNG TẤN MINH

2. PHAN VĂN TUÂN

Khoa Kỹ thuật và Công nghệ

Trường Đại học Trà Vinh

USING THE MATHEMATICAL PLANNING TO IMPROVE PRODUCTIVITY AND MINIMIZE COSTS IN THE ROAD CONSTRUCTION

● TANG TAN MINH¹

● PHAN VAN TUAN¹

¹School of Engineering and Technology

Trà Vinh University

ABSTRACT:

This paper presents a method to set up mathematical planning in select machines and equipment for road construction. This mathematical planning is based on specific requirements to cope with the planned workload. On the other hand, this mathematical planning also meet the requirements of minimizing the cost of using machine and the shortest construction time. These results are proposed to apply for the selection of construction machines in construction projects which have the same workload, and for the selection of construction machines in specific construction routes.

Keywords: mathematical planning, optimization, construction machines.