

დინამიკური პროგრამირება გაზგაყვანილობის სისტემის დაკრომქტებაში

ნოდარ აბლაშვილი¹, გიორგი ქართველიშვილი²

1-საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2-კომპანია British Petroleum

რეზიუმე

ნაშრომში განიხილება ლოკალური გაზგაყვანილობის ქსელის მოწყობის დინამიკური პროგრამირების მრავალკომპონენტური მათემატიკური მოდელირების ამოცანა ენერგეტიკული, ქსელური ხასიათის (გაზი, ელექტროენერგია, წყალმომარაგება და ა.შ.) ობიექტების დაპროექტებისას, სხვადასხვა ხარისხობრივ და რაოდენობრივ შეზღუდვათა გამოყენების პირობებში.

საკვანძო სიტყვები: მათემატიკური მოდელირება. მრავალკომპონენტური დინამიკური პროგრამირება.

1. შესავალი

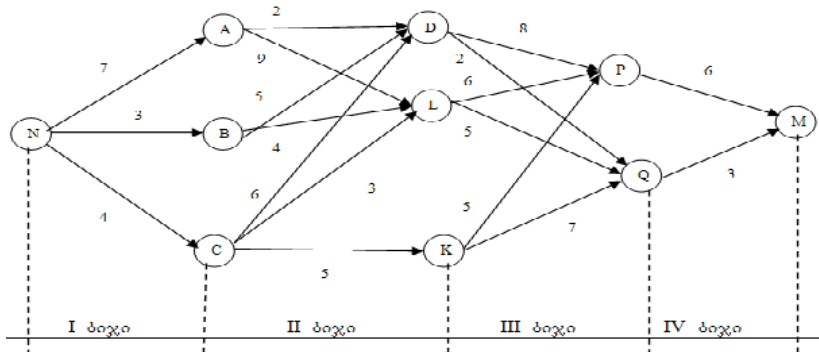
ქვეყნის ეკონომიკური წარმატების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ამოცანას საწარმოო და სოციალური ინფრასტრუქტურის განვითარება წარმოადგენს, რაშიც ენერგეტიკული, ქსელური ხასიათის (გაზი, ელექტროენერგია, წყალმომარაგება და ა.შ.) ინფრასტრუქტურის ობიექტები საკვანძო ადგილებს იკავებენ. ასეთი ტიპის ქსელების მოწყობა საკმაოდ დიდ საწყის კაპიტალდაბანდებას მოითხოვს, ამიტომ წინასწარი ტექნიკურ-ეკონომიკური მოკვლევისა და პროექტირების ეტაპები განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს. ფინანსური და ტექნიკური დასაბუთების საწყის ეტაპზე მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენება შესაძლებელ ეკონომიკურ, ტექნიკურ, ტექნოლოგიურ და სოციალურ რისკებს მკვეთრად ამცირებს.

2. ძირითადი ნაწილი

გაზგაყვანილობის სისტემა მოსაწყობია საწყისი N პუნქტიდან საბოლოო M პუნქტში, რომლის განხორციელებაც შესაძლებელია რელიეფის, დასახლებულ პუნქტში მილგაყვანილობის ქსელის მოწყობის შეადგენლობების გათვალისწინებით, რისთვისაც არსებობს რამოდენიმე ალტერნატიული მარშრუტი შუალედურ პუნქტებზე გავლით. აღნიშნული სიტუაცია შეიძლება წარმოვიდგინოთ ქსელის სახით, რომლის მწვერვალები ასახავს დასახლებულ პუნქტებში გაზგამანაწილებელ სადგურებს, ხოლო რკალები კი მილგაყვანილობის მარშრუტებია. მარშრუტის დაგეგმარებისას აუცილებელია გავითვალისწინოთ მთავარი 3 პირობა: მილგაყვანილობის სისტემა უნდა შესრულდეს მინიმალური ხარჯებით, მინიმალურ დროში და დააკმაყოფილოს მაქსიმალურად ბევრი ადამიანი.

ამოცანა დავყოთ 3 ნაწილად. პირველ ნაწილში განვიხილოთ მილგაყვანილობის სისტემის გაყვანის ოპტიმალური მარშრუტი მინიმალური დანახარჯებისათვის, მეორე ნაწილში – ადამიანთა მაქსიმალური რაოდენობის დაკმაყოფილების მარშრუტი და ბოლოს განვიხილოთ მაქსიმალურად მცირე დროში თუ რა მარშრუტია საუკეთესო (ნახ.1).

ნაწილი 1.



ნახ.1

პროექტი შეიძლება დავუკავშიროთ დინამიკური პროგრამირების ამოცანას. პროექტის ძირითადი ელემენტების განსაზღვრის გზით შეიძლება მივალწიოთ გადაწყვეტის ოპტიმალური მონახსენის მოძებნას.

დინამიკური პროგრამირების ბიჯებად შეიძლება მივიღოთ გაყვანილობის მარშრუტები, რომლებიც აკავშირებს ორ მოსაზღვრე გამანაწილებელ სადგურს. i-ური ბიჯის დასაწყისში X_i მდგომარეობა განისაზღვრება ნებისმიერი გამანაწილებელი სადგურისათვის, რომელიც ჩართულია სისტემაში, ხოლო ამონახსნის K_i ვარიანტები i-ური ბიჯზე განისაზღვრება რკალების რაოდენობით, რომლებიც გამოდის მწვერვალებიდან ანუ თითოეული გამანაწილებელი სადგურისათვის მარშრუტების შესაძლო ვარიანტების რაოდენობით. მიზნობრივი ფუნქცია i-ური ბიჯზე $f_i(X_i, U_i)$ შეიძლება განისაზღვროს მარშრუტის გაყვანის ღირებულების მიხედვით ნებისმიერი S-ური სადგურიდან j-ურ სადგურში

$$f_i(X_i, U_i) = C_{S-j}$$

Ki-ური მართვა გულისხმობს გასაყვანილობის მარშრუტის ამორჩევისას S-ური მწვერვალიდან Ji-ურ მწვერვალამდე, ამიტომ პროექტის კონკურენტუნარიანობის გაზრდის მიზნით შესაძლებელია მიზნობრივი ფუნქციისთვის შეზღუდვა მარშრუტის მშებლობის მინიმალური ღირებულების შესახებ, რის შედეგადაც პროგრამირების ძირითადი ფუნქციონალური განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$f_i(x_i) = \min_{S-j} [f_i(x_i, u_i) + f_{i+1}(x_{i+1}^1)] = \min_{S-j} [C_{S-j}^i + f_{i+1}(x_{i+1}^1)]$$

დინამიკური პროგრამირების მეთოდის მიხედვით ამოცანის ამოხსნას ვიწყებთ მეოთხე ბიჯიდან, სადაც განისაზღვრება პირობითი ოპტიმალური მართვა და მიზნობრივი პუნქციის პირობითი ოპტიმალური მნიშვნელობა:

$$f_4(x_4) = \min_{S-j} [f_4(x_4, u_4) + f_4(x_4)]$$

$$f_4(x_4) = \min_{S-j} [C_{S-j}]$$

$$f_4(P) = \min_{P-M} [C_{P-M}] = 6$$

$$f_4(Q) = \min_{P-M} [C_{Q-M}] = 3$$

მიღებული შედეგები შევიტანოთ №1 ცხრილში:

ცხრ.1

i პუნქტი	ეტაპი X ₄ =M	მიზნობრივი ფუნქცია F ₄ (X ₄)	მართვა U ₄
P	6	6	M
Q	3	3	M

ამის შემდგომ განვსაზღვროთ პირობითი ოპტიმალური მართვა დამიზნობრივი ფუნქციის პირობითი ოპტიმალური მნიშვნელობა შესაბამისად.

$$f_3(D) = \min_{\substack{d-p \\ d-q}} \{ [C_{d-p} + F_4(P)]; [C_{d-q} + F_4(Q)] \} = \min \{ [8 + 6]; [2 + 3] \} = 5$$

$$f_3(L) = \min_{\substack{l-p \\ l-q}} \{ [C_{l-p} + F_4(P)]; [C_{l-q} + F_4(Q)] \} = \min \{ [6 + 6]; [5 + 3] \} = 8$$

$$f_3(K) = \min_{\substack{k-p \\ k-q}} \{ [C_{k-p} + F_4(P)]; [C_{k-q} + F_4(Q)] \} = \min \{ [5 + 6]; [7 + 3] \} = 10$$

მიღებული მნიშვნელობები შევიტანოთ №2 ცხრილში:

ცხრ.2

i პუნქტი	X ₃ ¹ =P	X ₃ ¹ =Q	მიზნობრივი ფუნქცია f ₃ (x ₃)	მართვა U ₃
D	8+6	2+3	5	Q
L	6+6	5+3	8	Q
K	5+6	7+3	10	Q

ასევე განვსაზღვროთ პირობითი ოპტიმალური მართვა დამიზნობრივი ფუნქციის პირობითი ოპტიმალური მნიშვნელობა შესაბამისად.

$$f_2(A) = \min_{\substack{a-d \\ a-l}} \{ [C_{a-d} + F_3(D)]; [C_{a-l} + F_3(L)] \} = \min \{ [2 + 5]; [9 + 8] \} = 7$$

$$f_2(B) = \min_{\substack{b-d \\ b-l}} \{ [C_{b-d} + F_3(D)]; [C_{b-l} + F_3(L)] \} = \min \{ [5 + 5]; [4 + 8] \} = 10$$

$$f_2(C) = \min_{\substack{c-d \\ c-l \\ c-k}} \{ [C_{c-d} + F_3(D)]; [C_{c-l} + F_3(L)]; [C_{c-k} + F_3(K)] \} = \min \{ [6 + 5]; [3 + 8]; [5 + 10] \} = 11$$

შედეგები შევიტანოთ №3 ცხრილში:

ცხრ.3

i პუნქტი	X ₃ ¹ =A	X ₃ ¹ =B	X ₃ ¹ =C	მიზნობრივი ფუნქცია f ₂ (x ₂)	მართვა U ₂
A	2+5	9+8	–	7	D
B	5+5	4+8	–	10	D
C	6+5	3+8	5+10	11	D

და ბოლოს განვსაზღვროთ პირობითი ოპტიმალური მართვა და მიზნობრივი ფუნქციის პირობითი ოპტიმალური მნიშვნელობა პირველ ბიჯზე.

$$f_1(N) = \min_{\substack{N-A \\ N-B \\ N-C}} \{ [C_{N-A} + F_2(A)] [C_{N-B} + F_2(B)] [C_{N-C} + F_2(C)] \} = \min\{ [7 + 7]; [3 + 10]; [4 + 11] \} = 13$$

შესაბამისი მნიშვნელობები შევიტანოთ №4 ცხრილში:

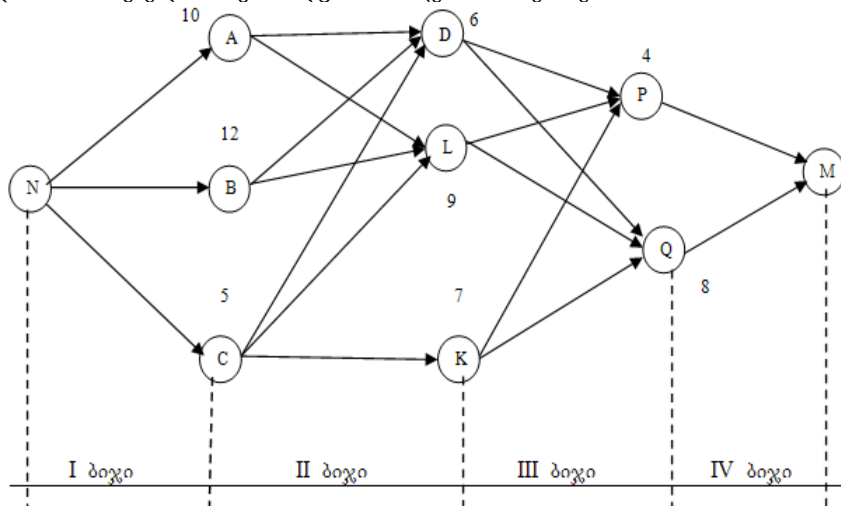
ცხრ.4					
i \ პუნქტი	X ¹ ₁ =A	X ¹ ₁ =B	X ¹ ₁ =C	მიზნობრივი ფუნქცია f ₁ (x ₁)	მართვა U ₁
N	7+7	3+10	4+11	13	B

ცხრილის მიხედვით საწყისი N პუნქტიდან მინიმალური დანახარჯებით შეიძლება გავიყვანოთ B პუნქტში, შემდეგ ცხრილი 3-ის მეშვეობით მოვებნოთ B პუნქტის შესაბამისი სტრიქონი, რომელიც განსაზღვრავს მარშრუტის შემდეგ პუნქტს, რომელზედაც დანახარჯები იქნება მინიმალური, ეს არის პუნქტი D. ამის შემდეგ მე-2-ე ცხრილის საშუალებით D პუნქტის შესაბამისი სტრიქონი, რომელიც განსაზღვრავს მარშრუტის შემდეგ პუნქტს და ეს პუნქტი იქნება Q და ბოლოს პირველი ცხრილი მიგვითითებს მარშრუტის ბოლო პუნქტს M.

მარშრუტს ექნება შემდეგი სახე N B D Q M

ნაწილი 2.

ამოცანის მეორე ნაწილის ამოსახსნელად კვლავ გამოვიყენოთ მათემატიკური მოდელირების დინამიკური პროგრამირების მეთოდი მოცემულ მომხმარებელთა განაწილების სქემის მიხედვით, სადაც ამჯერად რკალზე მოცემულია მომხმარებელთა შესაძლო რაოდენობა შესაბამის გაზგამანაწილებელ პუნქტის ფარგლებში (ნახ.2). ამ შემთხვევაში U_i -მართვაში იგულისხმება მარშრუტის ამორჩევა S-ური პუნქტიდან j-ურში. ხოლო მიზნობრივი ფუნქციისათვის შეიძლება შემოვიღოთ შეზღუდვა სისტემაში გასაწევრიანებელი მომხმარებელთა მაქსიმალური რაოდენობის შესახებ.



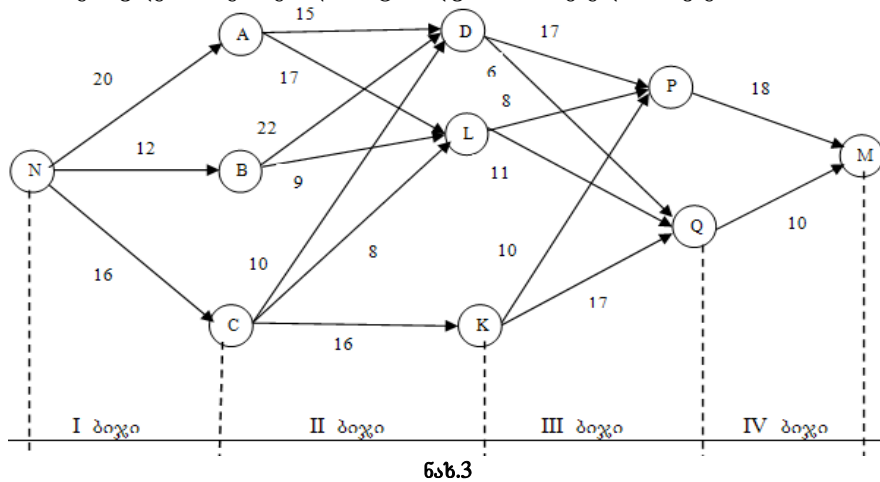
ნახ.2

მონაცემების ანალოგიურად დამუშავებისას მივიღეთ ოპტიმალური მნიშვნელობა მომხმარებელთა განაწილების სქემის მიხედვით. მარშრუტს ექნება შემდეგი სახე N B L Q M

ნაწილი 3.

ამოცანის მესამე ნაწილის ამოსახსნელად გამოვიყენოთ მათემატიკური მოდელირების დინამიკური პროგრამირების მეთოდი მოცემულ სამუშაოს შესრულების დროის განაწილების სქემის მიხედვით, სადაც ამჯერად მოცემულია შესარულებელ სამუშაოთა დრო შესაბამის გაზგამანაწილებელ პუნქტის ფარგლებში (ნახ.3). ამ შემთხვევაშიც U_i -მართვაში იგულისხმება მარშრუტის ამორჩევა S-ური პუნქტიდან j-ურში. ხოლო მიზნობრივი ფუნქციისათვის შეიძლება შემოვიღოთ შეზღუდვა სისტემაში შესარულებელ სამუშაოთა მინიმალურ დროში შესრულების შესახებ.

აქაც მონაცემების დამუშავებისას მივიღეთ ოპტიმალური მნიშვნელობა შესარულებელ სამუშაოთა მინიმალურ დროში შესრულების შესახებ და ოპტიმალური მნიშვნელობა იქნება: N C D Q M.



გაზგამანაწილებელი მარშრუტის ოპტიმიზაციის შემდეგ გამოვთვალოთ ამორჩეული მარშრუტის ეფექტურობა, რომელიც სისტემაში აბონენტების (მომხმარებლების) რაოდენობით განისაზღვრება ანუ ფარდობა დანახარჯები / მომხმარებელი საშუალებას მოგვცემს გამოვთვალოთ მოდელირებული მარშრუტის ეფექტურობა, რაც მომხმარებელთა დაკმაყოფილების ხარისხს და შესაბამისად მომსახურების ხარისხს განსაზღვრავს. მინიმალური ხარჯის მარშრუტის მიხედვით მომხმარებელთა რაოდენობა შეადგენს 26 ერთეულს, ხოლო ხარჯი კი 13 ერთეულს და შესაბამისად გაზგაყვანილობის ეფექტი $13/26=0,5$, ხოლო მომხმარებელთა მაქსიმალური რაოდენობის მარშრუტის მიხედვით ხარჯი შეადგენს 15 ერთეულს, მომხმარებელთა რაოდენობა კი 29 ერთეულს და შესაბამისად ეფექტი $15/29=0,517$. ასევე მაქსიმალურად მცირე დროის მარშრუტის დროს ხარჯი შეადგენს 15 ერთეულს, მომხმარებელთა რაოდენობა კი 42, ეფექტი $15/42=0,35$

3. დასკვნა

განხილული შემთხვევებიდან მისაღებია ის ვარიანტი, სადაც გაზგაყვანილობის ეფექტი ერთ მომხმარებელზე მინიმალურია, შესაბამისად NCDQM მარშრუტი ყველა შესაძლო შემთხვევებიდან ოპტიმალურია.

ლიტერატურა:

1. გუგუშვილი ა., თოფჩიშვილი ა., სალუქვაძე მ., ჭიჭინაძე ვ., ჯიბლაძე ნ. ოპტიმიზაციის მეთოდები. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2002
2. ჩოგოვაძე გ., გოგინაიშვილი გ., სურგულაძე გ., შეროზია თ., შონია. მართვის ავტომატიზებული სისტემების დაპროექტება და აგება. „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2001.

Абелашвили Н., Картвелишвили Г.

(, ,)

DYNAMIC PROGRAMMING FOR DESIGN OF GAS NETWORK

Abelashvili Nodar, Kartvelishvili Giorgi
Georgian Technology University

Summary

The represented paper deals with the problem of mathematical multicomponent dynamic programming inventory a local network of a gas pipeline for power object network character (gas, the electric power, water supply is considered...) at different qualitative and summary restrictions.