

	<p>ԱԳՐՈՎԻՏՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱ Հայաստանի ազգային ագրարային համալսարան AGRISCIENCE AND TECHNOLOGY АГРОНАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ</p>	<p>Միջազգային գիտական պարբերական ISSN 2579-2822</p>	
--	--	--	--

Կայքէջ՝ anau.am/hy/teghkekagir

ՀՏԴ 631.15: 631.565

ԳՅՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ ԲԵՌՆԱՓՈԽԱԴՐՈՒՄՆԵՐԻ ՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ԽՆԴՐԻ ԱԼԳՈՐԻԹՄՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ս.Ա. Ավուշյան, Դ.Ս. Շալյան
Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

Վ.Յ. Բայադյան
Մյունխենի տեխնիկական համալսարան
s.avushyan@gmail.com, shaljyan.davit@gmail.com, bayadvah@gmail.com

Տ Ե Ղ Ե Կ ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

Բանալի բառեր՝
տրանսպորտային խնդիր (Stv),
գյուղատնտեսական մթերք,
Դեյկստրայի ալգորիթմ,
Ֆլոյդի ալգորիթմ,
NP-լրիվ խնդիրներ

Ա Ս Փ Ո Փ Ա Գ Ի Ր

Տրանսպորտային խնդրի (Stv) լուծումն արդիական է, քանի որ բեռնափոխադրումներ իրականացնելիս պահանջվում է որոշել հնարավորինս կարճ (ոչ ծախսատար) երթուղին:
Սույն հոդվածում ամփոփված են Stv-ի ուսումնասիրության արդյունքները, ներկայացված են գյուղատնտեսական մթերքի բեռնափոխադրումների երթուղայնացման համար կիրառվող ալգորիթմները, հայտնի մեթոդների դասակարգումը և առավել կիրառվող տարբերակները:

Նախաբան

Ազատ շուկայական հարաբերությունների պայմաններում գոյատևելու համար ընկերությունները ձգտում են կիրառել հասանելի գործիքակազմ, ինչը հնարավորություն է տալիս որոշակի առավելություն ստանալ այլ ընկերությունների նկատմամբ: Այդպիսի գործիքներից է վերադիր ծախսերի օպտիմալացումը, ինչը թույլ է տալիս շահույթն ավելացնել առանց օգտագործվող ռեսուրսների քանակի փոփոխության:

Գյուղատնտեսական մթերքի փոխադրմամբ զբաղվող տրանսպորտային ընկերությունները կարող են ծախսերի էական օպտիմալացման հասնել տրանսպորտային միջոցների արդյունավետ երթուղիների ստեղծման միջոցով: Հաշվի առնելով, որ Հայաստանում տրանսպորտային ճանապարհները սահմանափակ են, իսկ գյուղատնտեսական մթերքի փոխադրումն ունի ռազմավարական նշանակություն, կարևորվում է գյուղատնտեսական բեռնափոխադրումների տրանսպորտային խնդրի (Stv) լուծման նպատակով արդյունավետ ալգորիթմների կիրառումը:

Նյութը և մեթոդները

Դասական ալգորիթմների օգտագործմամբ հաշվարկները թույլ են տալիս օպտիմալացնել սահմանված ժամկետում գյուղատնտեսական մթերքի (հատկապես արագ փչացող) առաքումը և խուսափել վերադիր ծախսերից:

Stv-ն (VRP-vehicle routing problem) պատկանում է NP-լրիվ խնդրի դասին, ինչը նշանակում է, որ պոլինոմիալ ժամանակում դրա լուծման համար հնարավոր չէ առաջարկել ալգորիթմ, և անգամ ապացուցված չէ, որ նման ալգորիթմ գոյություն չունի:

Յուրաքանչյուր երթուղի հաշվարկվում է ամենակարճ ճանապարհի որոշման ալգորիթմով՝ գրաֆների միջոցով: Առավել կարճ երթուղին որոշվում է հնարավորինս արդյունավետ՝ Դեյկստրայի (երկու գագաթների միջև օպտիմալ երթուղու որոշման) և Ֆլոյդի (գագաթների բոլոր զույգերի միջև օպտիմալ երթուղու որոշման) ալգորիթմներով, որոնք հեշտությամբ են հաշվարկվում, երբ գրաֆներում առկա են փոքր թվով գագաթներ:

Վերջիններիս ավելացման դեպքում ամենակարճ երթուղու որոշման խնդիրը բարդանում է:

Արդյունքները և վերլուծությունը

Ստորև ներկայացվում են գյուղատնտեսական մթերք փոխադրող տրանսպորտային խնդրի լուծման մի քանի կարևոր ալգորիթմներ:

Քլարկի և Րայթի ալգորիթմը ՏՏ-ի լուծման ամենահայտնի ալգորիթմներից է, որի հիմքը կազմում է կարճ և ավելի երկար երթուղիների միաձուլումը: Այդ գործընթացը շարունակվում է այնքան ժամանակ, քանի դեռ հնարավոր է կրճատել շրջանցի գումարային արժեքը (G. Clarke, J.W. Wright, 1967): Այս ալգորիթմում նշանակությամբ կարևորվում է *խնայողություն* հասկացությունը, այսինքն՝ երկու երթուղիների միավորման արդյունքում խնդրի լուծման ընդհանուր արժեքի նվազեցումը:

Դիտարկենք իրավիճակ, երբ $(0, \dots, i, 0)$ և $(0, \dots, j, 0)$ երթուղիների համատեղության արդյունքում ստացվում է $(0, \dots, i, j, \dots, 0)$ երթուղին: Խնայողությունը հեռավորության կրճատումն է: Եթե այն մեծ է գրոյից, ապա $S_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$, որտեղ c_{ij} -ն համապատասխան գագաթների միջև հեռավորությունն է: Քլարկի և Րայթի ալգորիթմը կիրառվում է այն դեպքում, երբ փոխադրվող գյուղատնտեսական մթերքի քանակը նախապես սահմանված չէ և կարելի է հաշվարկել ընթացքում: Այս ալգորիթմը կարելի է օգտագործել ինչպես սիմետրիկ, այնպես էլ ոչ սիմետրիկ խնդիրների լուծման համար, սակայն հարկ է նշել, որ սիմետրիկ խնդիրների դեպքում ստացվում է լուծման ցածր որակ (S. Lin, 1965): Խնդիրների լուծումն իրականացվում է զուգահեռ և հաջորդական տարբերակներով: Երկու դեպքում էլ պահանջվում է նախապատրաստական փուլ:

1. Խնայողությունների հաշվարկ՝ $S_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$, $i, j = 1, \dots, n$ և $i \neq j$:
2. $(0, i, 0)$, $i = 1, \dots, n$ -ի համար տրանսպորտային միջոցների n երթուղիների ստեղծում:
3. Նվազման կարգով խնայողությունների տեսակավորում:

Զուգահեռ տարբերակը դիտարկելիս անդրադարձ է կատարվում նախ խնայողությունների ցանկին: Վերջինիս ընթացիկ s_{ij} տարրի համար սահմանվում է՝ արդյոք գոյություն ունեն $(0, j)$ և $(i, 0)$ հատվածներով երթուղիներ, որոնք կարող են միավորվել մեկ ընդհանուր երթուղու մեջ: Նման երթուղիների առկայության դեպքում միավորման համար հեռացվում են $(0, j)$ և $(i, 0)$ հատվածները, որից հետո ավելացվում է (i, j) հատվածը:

Հաջորդական տարբերակը դիտարկելիս s_{ki} կամ s_{ji} տարրից ընտրվում է այն տարրը, որը կարող է օգտագործվել ընթացիկ և $(k, 0)$ կամ $(0, l)$ հատվածով որևէ երթուղի միավորելիս: Նման տարրի բացակայության դեպքում նշված գործընթացը կիրառվում է նոր երթուղու նկատմամբ: Եթե չի հաջողվում հաշվարկել խնայողությունը, ապա անցում է կատարվում հաջորդ երթուղուն: Միավորում իրականացնելու անհնարիության դեպքում գործընթացը դադարեցվում է:

Հաշվարկման արդյունքների համեմատության համաձայն՝ ալգորիթմի զուգահեռ տարբերակն ավելի լավ արդյունք է ապահովում, քան հաջորդական տարբերակը:

Ֆեռացման ալգորիթմը կիրառվում է ՏՏ-ի նախնական մշակման համար (B.E. Gillett, L.R. Miller, 1974):

Գործարկման ընթացքում կլաստերների լրացումը սահմանվում է սկզբնակետից (depot) դուրս եկող ճառագայթի բեկմամբ: Այնուհետև յուրաքանչյուր կլաստերի համար առանձին որոշվում է ամենակարճ ճանապարհը: Որոշ տարբերակներում հաջորդող օպտիմալացման փուլում տեղի է ունենում հարևան կլաստերների գագաթների փոխանակում, որից հետո ճշգրտվում են երթուղիները: Այս ալգորիթմի կիրառման դեպքում պարտադիր չէ տրանսպորտային միջոցների քանակի նախօրոք սահմանումը (A. Wren, I. Allan, 1961, A. Wren, 1972):

Օպտիմալացման դասական ալգորիթմների միջոցով մշակվում է գյուղատնտեսական մթերքի մեկանգամյա փոխադրման առանձին երթուղի կամ մի քանի երթուղիներ: Մեկ երթուղու դեպքում կարելի է օգտագործել օպտիմալացման ցանկացած ալգորիթմ, մի քանի երթուղիների դեպքում՝ այնպիսի ալգորիթմներ, որոնք վերլուծում են բազմաերթուղի կառուցվածք:

Առանձին երթուղու օպտիմալացումը կարող է իրականացվել Լինի կողմից առաջարկված λ -օպտիմալացման եզրույթներով (N. Christofides, A. Mingozzi, P. Toth, 1979), որոնց համաձայն՝ λ կողերը հեռացվում են երթուղուց, իսկ մնացած λ սեգմենտները միավորվում են բոլոր հնարավոր համակցություններով: Առաջին իսկ կամ առավել հաջող տարբերակով փոփոխությունները մտցվում են բեռնափոխադրման երթուղի: Եթե այլևս հնարավոր չէ գտնել փոխարինման համապատասխան տարբերակներ, ՏՏ-ի հաշվարկը դադարեցվում է: Լուծման λ -օպտիմալացման ստուգումը պահանջում է $O(n^2)$ ժամանակ:

Առաջարկվել է նշված մոտեցման մի քանի տարբերակ: Ըստ Լինի և Կերնիգանի ներկայացրած ալգորիթմի՝ որոնման ընթացքում λ -ն փոխվում է դիսկրետ կերպով: Այս մեթոդի համաձայն՝ 3, 2 կամ 1 հարևան գագաթները փոխարինվում են միևնույն երթուղու այլ հատվածի հաջորդականությամբ:

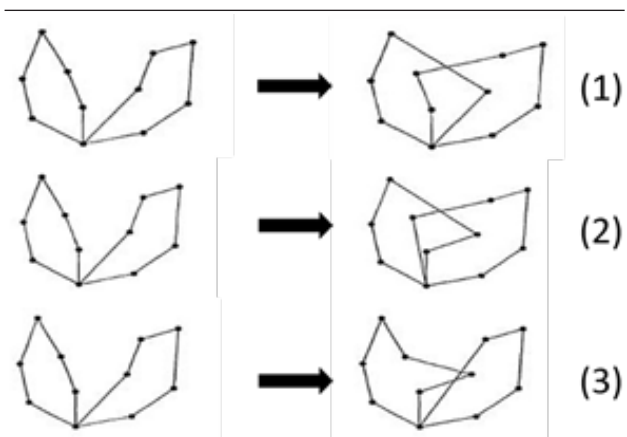
Այսինքն՝ գործում է 3-ալգորիթմի օպտիմալացման սահմանափակ ձևը, որի օպտիմալության ստուգումը պահանջում է $O(n^2)$ ժամանակ: Նույն սկզբունքով գործող 4-օպտիմալացման ալգորիթմի սահմանափակ ձևի օպտիմալության ստուգման համար պահանջվում է $O(\omega n^2)$ ժամանակ (M.L. Fisher, R. Jaikumar, 1981):

Ներկայացված մեթոդների վերլուծությամբ հիմնավորվել է, որ Լինի և Կերնիգանի առաջարկած օպտիմալացումն ապահովում է լավագույն արդյունք:

Մի քանի երթուղիների օպտիմալացման ալգորիթմները կիրառվում են երթուղիների միջև կողերի փոխանակման սկզբունքով և ներառում են տարբեր սխեմաներ: Հատկապես կարևորվում է *b*-ցիկլային *k*-փոխադրման ընդհանուր սխեման, որը ներառում է *b* երթուղիների ցիկլային վերադասավորումը և տվյալ երթուղուց *k* գագաթների փոխադրումը հաջորդ երթուղի: *b*-ցիկլային *k*-փոխադրման մի քանի փոխանակումների ($b=2$ կամ b -ի փոփոխական արժեք, $k=1$ կամ $k=2$) կիրառումը բավական արդյունավետ է (J.B. Bramel, 1995):

Նկարում ներկայացված երթուղիների փոփոխման հիմնական տարբերակները 2-ցիկլային փոխադրումների մասնավոր դեպքեր են:

Դիտարկենք *Stk*-ի լուծումը հաջորդական ներմուծման ալգորիթմի միջոցով: Ենթադրենք՝ մատակարարվող քաղաքները 5-ն են (1-5), մատակարար քաղաքը՝ 0, քաղաքից քաղաք կարտոֆիլ տեղափոխող բեռատարների առավելագույն տարողունակությունը 80 միավոր է, դրանք կարող են անցնել առավելագույնը 150 միավոր հեռավորությամբ ճանապարհ: Քաղաքների միջև հեռավորությունը, ինչպես նաև յուրաքանչյուր քաղաքի հաշվով կարտոֆիլի պահանջարկը ներկայացված են աղյուսակ 1-ում:



Նկ. Գրաֆների վերափոխում.
 1 - երկու երթուղիների երկու կողերի հատում, 2 - երկու երթուղիների միջև գագաթների փոխանակում, 3 - գագաթների փոխադրում մի երթուղուց մյուսը:

Աղյուսակ 1. Ելակետային տվյալներ*

	0	1	2	3	4	5	Պահանջարկ
0	0	72	53	48	10	32	
1		0	12	29	48	76	40
2			0	48	70	47	4
3				0	28	70	34
4					0	19	52
5						0	27

*Կազմվել է հեղինակների կողմից:

Տրանսպորտային օպտիմալացման խնդիրն անհրաժեշտ է սկզբում լուծել առանց մեքենաների տարողունակության և քաղաքների պահանջարկի սահմանափակումները հաշվի առնելու: Նախ որոշվում է ամենակարճ ճանապարհը, ապա վերջնական լուծման համար բաժանվում է այնպիսի մասերի, որ հնարավոր լինի կատարել բեռնափոխադրումը:

Ամենակարճ ճանապարհը որոշվում է հաջորդական ներմուծման ալգորիթմի միջոցով՝ հետևյալ սկզբունքով. նախ սկզբնակետին է միացվում կամայական մի քաղաք, օրինակ՝ քաղաք 1-ը, ապա հաջորդաբար ավելացվում են նաև քաղաքներ 2, 3, 4 և 5-ը: Յուրաքանչյուր քաղաք ավելացնելիս ստուգվում է նախընտրելի ավելացման տարբերակը շղթայում, օրինակ՝ ինչպես է ավելի կարճ՝ 0-1-2-0, թե 0-2-1-0: Ամենակարճ տարբերակը որոշելուց հետո անցում է կատարվում շղթայում հաջորդ քաղաքի ավելացմանը (աղ. 2):

Ըստ աղյուսակ 2-ի՝ լավագույն տարբերակը 0-5-2-1-3-4-0 երթուղին է: Սակայն այս դեպքում բեռնատարը պետք է անցնի 158 միավոր հեռավորությամբ ճանապարհ, իսկ, ըստ խնդրի պայմանի, բեռնատարները չեն կարող անցնել 150 միավորից ավելի հեռավորությամբ ճանապարհ: Ռեսուրսի լավագույն երթուղին պետք է բաժանել այնպիսի մասերի, որոնցից յուրաքանչյուրի ընդհանուր երկարությունը չի գերազանցում 150-ը: Մինևնույն ժամանակ նպատակահարմար է պահպանել երթուղու առանձին հատվածները: Խնդրի վերջնական լուծման համար հաշվի են առնվել բեռնատարների կարողությունների պատճառով առաջացած սահմանափակումները և քաղաքների պահանջարկը (աղ. 3):

Աղյուսակ 2. Հաշվարկային տվյալներ

Ամենակարճ ճանապարհը	Տարբերակ 1	Տարբերակ 2	Տարբերակ 3	Տարբերակ 4	Տարբերակ 5
0-1-0	0-1-0 Հ=144				
0-2-1-0	0-2-1-0 Հ=137	0-1-2-0 Հ=137			
0-2-1-3-0	0-3-2-1-0 Հ=180	0-2-3-1-0 Հ=202	0-2-1-3-0 Հ=142		
0-2-1-3-4-0	0-4-2-1-3-0 Հ=169	0-2-4-1-3-0 Հ=248	0-2-1-4-3-0 Հ=189	0-2-1-3-4-0 Հ=132	
0-5-2-1-3-4-0	0-5-2-1-3-4-0 Հ=158	0-2-5-1-3-4-0 Հ=243	0-2-1-3-5-4-0 Հ=249	0-2-1-3-5-4-0 Հ=193	0-2-1-3-4-5-0 Հ=173

*Կազմվել է հեղինակների կողմից:

Աղյուսակ 3. Արդյունքային տվյալներ

	Երթուղի 1	Երթուղի 2	Երթուղի 3	Միասին
Ճանապարհ	0-5-2-0	0-1-3-0	0-4-0	
Երկարություն	132	149	20	301
Պահանջարկ	31	74	52	

*Կազմվել է հեղինակների կողմից:

Այսպիսով՝ բեռնատարների ոչ բավականաչափ տարողունակությունը և 150 միավորից ավելի հեռավորությամբ ճանապարհ անցնելու անհնարինությունը հանգեցնում են երթուղու ընդհանուր երկարության աճի՝ 158 միավորից հասցնելով մինչև 301:

Եզրակացություն

Դասական ալգորիթմների կիրառումը ոչ միայն թույլ է տալիս օպտիմալացնել համապատասխան գործառնությունները, մասնավորապես՝ դիտարկվող խնդրում արագ փչացող գյուղատնտեսական մթերքը սահմանված ժամկետում առաքելը, այլև արդիական է ընկերությունների նյութատեխնիկական ապահովման ցանցեր ձևավորելու և վերակազմավորելու համար: Տեսիլուն լուծման ներկայացված ալգորիթմները հաշվարկման համար գործառնությունների մեծ հիշողություն չեն պահանջում: Բեռնափոխադրումների հաշվարկի մատրիցներ կիրառող խնդիրներում հիշողությունը հիմնա-

կանում օգտագործվում է գյուղատնտեսական բեռնափոխադրումներ իրականացնող տրանսպորտային միջոցների փոխադրումների ծախսերի տվյալների պահպանման համար:

Գրականություն

1. Clarke, G., Wright, J.W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points // Operations Research. - № 12, - pp. 568-581.
2. Lin, S. (1965). Computer solutions of the travelling salesman problem // Bell System Technical Journal. - № 44, - pp. 2245-2269.
3. Christofides, N., Mingozzi, A., Toth, P. (1979). The vehicle routing problem. // Combinatorial Optimization. - Wiley, Chichester, - pp. 315-338.
4. Gillett, B.E., Miller, L.R. (1974). A heuristic algorithm for the vehicle dispatch problem // Operations Research. - № 22, - pp. 340-349.
5. Wren, A., Allan, I. (1971). Computers in Transport Planning and Operation. – London.
6. Wren, A. (1972). Computer scheduling of vehicles from one or more depots to a number of delivery points /A. Wren and A. Holliday // Operational Research Quarterly. - № 23, - pp. 333-344.
7. Fisher, M.L., Jaikumar, R. (1981). A generalized assignment heuristic for vehicle routing // Networks. - № 11, - pp. 109-124.
8. Bramel, J.B. (1995). A location-based heuristic for general routing problems // Operations Research. - № 43, - pp. 649-660.

АННОТАЦИЯ**Исследование и анализ алгоритмов задач маршрутизации транспорта для сельскохозяйственных грузов**

Решение транспортных задач (ТЗ), связанных с маршрутизацией, чрезвычайно важно, поскольку при осуществлении грузоперевозок необходимо определить максимально короткий (а, следовательно – наименее затратный) маршрут.

В данной статье приведены результаты исследования ТЗ применительно к перевозкам сельскохозяйственной продукции. Представлены алгоритмы, используемые при транспортировке такой продукции железнодорожным транспортом, классифицируются известные методы и описываются наиболее распространенные из них.

ABSTRACT**Research and Analysis of the Algorithms of Vehicle Routing Problem for Agricultural Cargoes**

Solution of travelling salesman problem (TSP) is very actual, since when implementing cargo transportation it is necessary to determine the possibly shortest (therefore, cost-efficient) route.

The current article considers the study results of TSP. Besides, algorithms applied for routing the agricultural cargo transportation, classification of the well-known methods and the most applied variants are introduced in the current work.

*Ընդունվել է՝ 02.10.2019 թ.
Գրախոսվել է՝ 30.10.2019 թ.*