

## ИНФОРМАТИКА COMPUTER SCIENCE

МРНТИ 73.29.17  
УДК 658.7

<https://doi.org/10.51889/2022-2.1728-7901.11>

А.Д. Абдувалова<sup>1</sup>, М.М. Абдимомынова<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

\*e-mail: abduvalova08@gmail.com

### ГРАФ-СЫЗБАНЫ ПАЙДАЛАНЫП КӨЛІК ЛОГИСТИКАСЫНДА ОҢТАЙЛАНДЫРУ МӘСЕЛЕЛЕРІН ШЕШУ

*Аңдатпа*

Мақалада логистиканың дамуындағы шешуші рөлді айқындайтын нарықтық даму жағдайындағы көлік-логистикалық жүйелерді және олардың элементтерін оңтайландырудың модельдері мен әдістері қарастырылған. Қазіргі заманғы теория және сандық оңтайландыру әдістері - бұл көлік қызметтерінің тиісті секторлары көлемінің өзгеруіне бейімделуге тез және аз ресурстар мен уақытты, әдістер мен модельдерді қолдана отырып көлік құралдарын басқару кезінде ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Мақалада көлік-логистикалық жүйелерді басқару деңгейі мен ұйымдастыруды арттыру мақсатында компьютерлік технологияларды қолданатын логистикалық жүйелер режимін оңтайландыру әдісі талқыланады. Бағытталған граф көрсетілген сапа критерийін ескере отырып, есептелген графикке сүйене отырып, күрделі маршрутпен көлік желісінде жүктерді жеткізудің ең кіші маршрутын таңдауды автоматтандыруға мүмкіндік береді. Мақалада әдісті жүзеге асырудың оңтайландыру алгоритмі және көлік жұмысын орындау уақытын қысқарту үшін компьютерлік есептеу келтірілген.

**Түйін сөздер:** оңтайландыру есебі, алгоритм, транспорттық логистика, бағытталған граф, мақсатты функция, модель, сапа критерийлері.

*Аннотация*

А.Д. Абдувалова<sup>1</sup>, М.М. Абдимомынова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ В ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ С ПОМОЩЬЮ ГРАФ-СХЕМ

В статье рассматриваются модели и методы оптимизации транспортно-логистических систем и их элементов в условиях развития рынка, которые определяют решающую роль в развитии логистики. Современная теория и численные методы оптимизации являются инструментом, позволяющим принимать научно обоснованные решения при управлении транспортными средствами с использованием методов и моделей, которые могут реализоваться и работать в кратчайшие сроки без затрат ресурсов и времени при изменениях объемов соответствующих секторах предоставления транспортных услуг.

В статье рассматривается метод оптимизации режима логистических систем с использованием компьютерных технологий, с целью повышения уровня и организации управления транспортно-логистическими системами с коррекцией по состоянию. Ориентированный граф, позволяет автоматизировать выбор наименьшего пути доставки грузов в транспортной сети со сложным маршрутом, осуществляемый на основе рассчитанного графа, с учетом качества занного критерий. В работе представлен алгоритм для реализации метода оптимизации и компьютерная вычисление для сокращения времени выполнения транспортной работы.

**Ключевые слова:** задача оптимизации, алгоритм, транспортная логистика, граф направлений, целевая функция, модель, критерии качества.

Abstract

## SOLUTION OF PROBLEMS IN OPTIMIZING TRANSPORT LOGISTICS USING GRAPH SCHEMES

Abduvalova A.D.<sup>1</sup>, Abdimomonova M.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Taraz Regional University named after M.Kh. Dulaty, Taraz, Kazakhstan

The article discusses models and methods for optimizing transport and logistics systems and their elements in the context of market development, which determine a decisive role in the development of logistics. Modern theory and numerical optimization methods are a tool that allows you to make scientifically grounded decisions when driving vehicles using methods and models, quickly and with little resources and time to adapt to changes in the volume of the relevant sectors of transport services.

The article discusses a method for optimizing the mode of logistics systems using computer technologies, in order to increase the level and organization of management of transport and logistics systems with state correction. Directed graph allows you to automate the choice of the smallest way of delivery of goods in a transport network with a complex route, carried out on the basis of the calculated graph, taking into account the specified quality criterion. The paper presents an optimization algorithm for the implementation of the method and a computer calculation to reduce the time for performing transport work.

**Keywords:** task optimization, algorithm, transport logistics, direction graph, target function, model, quality criteria.

### Кіріспе

Нарықтық қатынастардың қазіргі жағдайында жалпы Қазақстан Республикасы экономикасының да, оның жекелеген салаларының да бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз етудің маңыздылығы арта түсуде. Соңғы жылдары бірқатар елдерде тауар айналымы саласында елеулі өзгерістер орын алды. Атап айтқанда, халық тұтынатын тауарларды өндіретін маңызды салалар көп. Экономикалық тәжірибеде логистика концепциясына негізделген тауарларды жеткізудің жаңа әдістері мен технологиялары қолданыла бастады. Логистиканы дамытудың объективті мүмкіндіктерін жасауда байланыс пен IT техникалық прогресс маңызды рөл атқарды. Ол тауар айналымының барлық негізгі және қосалқы процестерін жоғары деңгейде бақылауға мүмкіндік береді. Осылайша, өндіріс шығындарын, оның ішінде көлік шығындарын азайту мүмкіндіктерін іздеу жоспары алғашқы орынға шығып отыр.

Логистика – шикізат пен материалдарды өндіруші кәсіпорынға жеткізу, шикізатты, материалдарды және жартылай фабрикаттарды зауытта қайта өңдеу процесінде орындалатын тасымалдау, қоймалау және басқа да материалдық және материалдық емес операцияларды жоспарлау, ұйымдастыру, бақылау және басқару туралы ғылым болып табылады. Логистиканың кең таралған міндеттерінің бірі – логистикалық тізбектер бойынша материалдық ағындарды жылжытуды оңтайландыру. Бұл мәселені шешу сілтемелер арасындағы ең қысқа жолды іздеуді қамтиды. Математикалық бағдарламалау тұрғысынан бұл жолдың бағытталған графигінде оның берілген екі төбесі арасындағы ең кіші ұзындықты табу мәселесі болып есептеледі [1].

Зерттеу тақырыбының өзектілігі кәсіпорындардың көліктік шығындарын төмендетуге, сол арқылы олардың бәсекеге қабілеттілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін өндірілген тауарлар үшін жүк ағындарының оңтайлы сызбасын табу қажеттілігімен анықталады. Математика курсына граф - төбелері бар шектеулі нүктелер жиынтықтары деген ұғым бар.

Төбенің кейбірі граф қыры деген сызықтармен байланысады. Граф объектісі төбелер не граф түйіндері, ал байланыс жиек ретінде анықталынады [2, 3]. Түрлі қосымшалар үшін графтардың түрлері бағдармен, байланыстар санына шектеулермен және төбелер мен жиектер туралы қосымша мәліметтермен ерекшеленуі мүмкін. Қыры ғана қамтылатын графты – бағдарланбаған деп, ал тек доғасы қамтылатындарды бағдарланған граф деп атаймыз. Әртүрлі екі төбені қосатын тізбек болатын графты – байланысқан граф болады. Осындай графтің жол ұзындығы осы жолды құрайтын доғалардың ұзындықтарының қосындысы деп аталады [4].

Графиктің берілген төбелерінен басқаларына дейінгі ең қысқа жолды табу мәселесін шешудің тиімді алгоритмдерінің бірі-Дейкстра алгоритмі болып табылады. Дейкстра алгоритмі голланд ғалымы Эдгер Дейкстраның атымен аталған. Алгоритм 1959 жылы бағытталған өлшенген графта бір шыңнан барлық басқаларға дейінгі ең қысқа жолдарды табу үшін арналады және графиктің барлық төбелерінің теріс емес салмақтары болған жағдайда ұсынылады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы көліктік логистика мәселелерін шешуде графиктер бойынша құрылған оңтайландыру модельдерін пайдаланудың синтезінде жатыр.

### Зерттеу әдістемесі

Көлік шығындарын оңтайландыру міндеті жүктерді жөнелту пункттерінен тұтыну пункттеріне дейін тасымалдаудың оңтайлы жоспарын табу болып табылады, бұл ең аз шығындармен ең қысқа қашықтықтарды табу қажеттілігін білдіреді. Тығыз тармақталған жолдар желісінде бастапқы және межелі нүктелер арасында хабарламалардың бірнеше нұсқасы болған кезде мұндай жолды анықтау қиын болуы мүмкін. Мәселенің оңтайлы нұсқасын табу үшін жүктердің жөнелтілетін және тағайындалған пункттері арасындағы көліктік байланыстарды көрсететін бастапқы ақпарат ретінде көлік желісін пайдалануға негізделген математикалық модельдер қолданылады. Барлық математикалық объектілердің ішінде графтар нақты жүйелердің формальды модельдері ретінде бірінші орындардың бірін алады.

Граф дегеніміз график төбелері деп аталатын нүктелердің шектеулі санының және осы төбелердің кейбірін жұппен қосатын сызықтардың, граф жиектері немесе доғалары деп аталатын жиыны. Оңтайландыру есептерін шешуде графиктік модельдерді қолдану сипатталған объектілердің көрнекілігі мен мазмұнын сақтайды және компьютерде оңай өңделетін осы модельдерді өндеудің формальды алгоритмдерін құруға мүмкіндік береді. Осылайша, көлік желілерін граф түрінде көрсету ыңғайлы. Көлік желісі жол желісінің тиісті тасымалдауды ұйымдастыруға болатын бөлігін ғана ескереді, яғни көшелердің (жолдардың) жай-күйіне, бір жақты қозғалысқа шектеулер, жүк көлігінің қозғалысына шектеулер, көлік құралының жалпы салмағы, осьтік жүктеме және басқалары бойынша есепке алынады. Бұл мәселені шешудің бірнеше жолы бар – бұл, ең алдымен Дейкстра әдісі, барлық Гамильтон циклдерін табу әдісі, ең жақын көршілес алгоритм (Nva), құмырсқалар колониясының алгоритмі, жасыту модельдеу әдісі және т.б. Олардың кейбіріне толығырақ тоқталайық Дейкстра әдісі - граф бойынша тасымалдау мәселесін шешудің ең дәл және сонымен бірге қарапайым әдісі, А төбесінен В нүктесіне дейінгі ең қысқа қашықтықты анықтаудың қадамдық алгоритмі.

Дейкстра алгоритмінің идеясы келесідей. Графиктің әр төбесіне белгі (потенциал) - осы төбеден бастапқы төбеге дейінгі белгілі ең кіші арақашықтық тағайындалады. Алгоритм біртіндеп жұмыс істейді - әр қадамда бір төбеге «барды» және потенциалды азайтуға тырысады. Алгоритм барлық төбелерге барғанда аяқталады. а төбенің потенциалы 0 – ге, қалған шыңдардың потенциалы шексіздікке тең деп есептеледі. Бұл а-дан басқа төбелерге дейінгі қашықтық әлі белгісіз екенін көрсетеді. Графтың барлық төбелері қатыспаған деп белгіленген. Егер барлық төбелерге кірсе, алгоритм аяқталады [5-9].

Алгоритмнің қадамдарын қарастырайық.

*Қадам 1.* Ең қысқа қашықтықты анықтау қажет төбеге нөлге тең потенциал беріледі. Бастапқы төбелердің  $v_i$  потенциалы бар, ал  $j$  соңғыда жоқ сілтемелер ізделеді.  $v_j$  соңғы төбелердің потенциалдарының мәні формула бойынша анықталады:

$$v_j = v_i + C_{ij}, \quad (1)$$

мұндағы  $C_{ij} - (i, j)$  байланыстың ұзындығы.

*Қадам 2.* Егер  $j$  төбенің потенциалы анық емес анықталса, есептеулерде  $v_j$  ең кіші мәнін қалдырады. Барлық алынған есептеулер мен төбелерге меншіктелген потенциалдардың ішінен ең кішісі таңдалады. Оның мәні соңғы төбеге беріледі.

*Қадам 3.*  $(i, j)$  доғасы бағыттаушымен белгіленеді. Әрекеттер 1-қадамнан бастап барлық төбелерге потенциалдар берілгенге дейін қайталанады. Тиісті төбенің потенциалының мәні осы нүктеге дейінгі ең қысқа қашықтықты көрсетеді. Бағыттаушы бар сілтемелер бастапқы төбеден басқаларына дейін ең қысқа қозғалыс бағытын құрайды. Графиктің әр төбесін кезекпен алып, берілген алгоритм бойынша есептеулер жүргізе отырып, ең қысқа қашықтықтардың матрицасы алынады. Матрицаның бір жолы бір төбеден басқаларына дейінгі ең қысқа қашықтыққа сәйкес келеді.

### Зерттеу нәтижесі

Дейкстра алгоритмін мысал арқылы қарастырамыз [10]. Әрбір қабырғасы рентабельділік критерийімен салыстырылады, ол тек жұмсалған уақытпен ғана емес, сонымен қатар оңтайлы тасымалдау нұсқасы мәселесін шешу кезінде қол жеткізуге тиіс мақсатпен анықталады. Көбінесе ең аз жалпы жүгіріс критерий ретінде қабылданады, өйткені маршруттың барлық учаскелеріндегі бірдей қозғалыс жағдайында жүгіріс тұрғысынан оңтайлы жоспар уақыт пен шығын тұрғысынан оңтайлы болады. Сонымен қатар, рентабельділік критерийі ретінде жолдардың ақылы немесе кептелісі, елді

мекендердің осы жолын кесіп өту жиілігі және т.б көрсеткіштерді де қолдануға болады. Графті құру кезінде төбелердің ұтымды санын таңдау керек. Бір жағынан, шындардың саны мүмкіндігінше көп болуы керек. Екінші жағынан, шындардың саны неғұрлым көп болса, көлік желісі соғұрлым қиын болады, ал ең қысқа қашықтықтарды анықтау көп уақытты алады.

Көлік желісіндегі іргелес нүктелер арасындағы қашықтық 1-ші суретте көрсетілгендей белгілі. 1-ші пункттен 10-ші пунктке өтудің ең қысқа жолын табу қажет.

1-ші кезең. Бастапқы төбеге 0 потенциалы беріледі:  $v_1 = 0$ .

2-ші кезең. 1-ші төбеге қатысты аяқталатын төбелердің потенциалдарын анықтау.

$$v_2 = v_1 + c_{12} = 0 + 8 = 8.$$

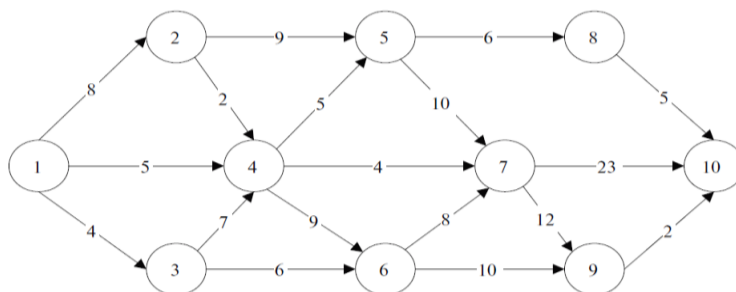
$$v_3 = v_1 + c_{13} = 0 + 4 = 4.$$

$$v_4 = v_1 + c_{14} = 0 + 5 = 5.$$

Меншіктелген потенциалдардың ең кішісін таңдау:  $\min(v_2, v_3, v_4) = v_3 = 4$ . 3-ші төбеге 4-ке тең ең қысқа қашықтық мәні беріледі.

3-ші кезең. 3-ші төбе бастапқы ретінде алынады:  $v_4 = v_3 + c_{34} = 4 + 7 = 11$ .  $v_6 = v_3 + c_{36} = 4 + 6 = 10$ .

4-ші төбенің потенциалы екі рет анықталды, есептеулерде ең аз қалдырылады:  $v_4 = 5$ . 3-ші кезеңде алынған  $v_4$  мәні сызылып тастайды. Меншіктелмеген потенциалдардың ең кішісін таңдау:  $\min(v_2, v_4, v_6) = v_4 = 5$ .



Сурет 1. Жол маршруты, км.

4-ші кезең. Бастапқы ретінде 4-ші төбе алынады:

$$v_5 = v_4 + c_{45} = 5 + 5 = 10;$$

$$v_6 = v_4 + c_{46} = 5 + 9 = 14;$$

$$v_7 = v_4 + c_{47} = 5 + 7 = 12.$$

6-ші төбенің потенциалы екі рет анықталды, есептеулерде ең кішісін қалдырады:  $v_6 = 10$ . 4-ші кезеңде алынған  $v_6$  мәні сызылып тастайды. Потенциалдардың ең кішісін таңдау:  $\min(v_2, v_5, v_6, v_7) = v_2 = 8$ .

5-ші кезең. Бастапқы ретінде 2-ші төбе алынады:  $v_5 = v_2 + c_{25} = 8 + 9 = 17$ .

5-ші төбенің потенциалы екі рет анықталады, есептеулерде ең кішісі қалдырылады:  $v_5 = 10$ . 5-ші кезеңде алынған  $v_5$  мәні сызылып тастайды. Меншіктелмеген потенциалдардың ең кішісін таңдау:  $\min(v_5, v_6, v_7) = v_5 = 10$ .

6-ші кезең. Бастапқы ретінде 5-ші төбе алынады:  $v_7 = v_5 + c_{57} = 10 + 10 = 20$ ;  $v_8 = v_5 + c_{58} = 10 + 6 = 16$ .

Меншіктелмеген потенциалдардың ең кішісін таңдау:  $\min(v_6, v_7, v_8) = v_6 = 10$ .

7-ші кезең. Бастапқы ретінде 6-ші төбе алынады:  $v_7 = v_6 + c_{67} = 10 + 8 = 18$ ;  $v_9 = v_6 + c_{69} = 10 + 10 = 20$ .

7-ші төбенің потенциалы екі рет анықталады, есептеулерде ең кішісі қалдырылады:  $v_7 = 12$ . 7-ші кезеңде алынған  $v_7$  мәні сызылып тастайды. Меншіктелмеген потенциалдардың ең кішісін таңдау:  $\min(v_7, v_8, v_9) = v_7 = 12$ .

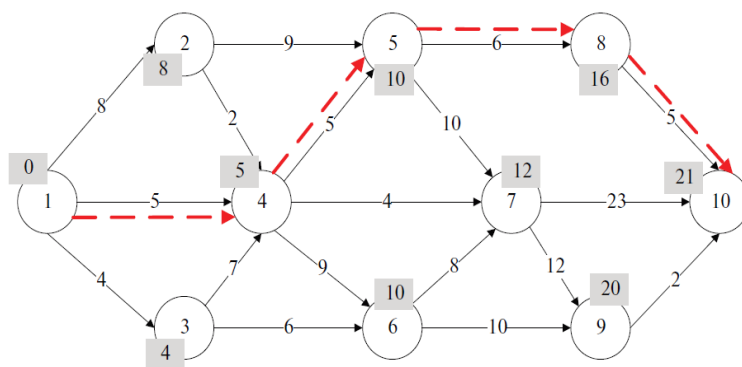
8-ші кезең. Бастапқы ретінде 7-ші төбе алынады:  $v_9 = v_7 + c_{79} = 12 + 12 = 24$ ;  $v_{10} = v_7 + c_{710} = 12 + 23 = 35$ .

9-ші төбенің потенциалы екі рет анықталады, есептеулерде ең кішісі қалдырылады:  $v_9 = 20$ . 8-ші кезеңде алынған  $v_9$  мәні сызылып тастайды. Меншіктелмеген потенциалдардың ең кішісін таңдау:  $\min(v_8, v_9, v_{10}) = v_8 = 16$ .

9-ші кезең. Бастапқы ретінде 8-ші төбе алынады:  $v_{10} = v_8 + c_{810} = 16 + 5 = 21$ .

Игерілмеген потенциалдардың ең кішісін таңдау:  $\min(v_9, v_{10}) = v_9 = 21$ .

10-ші төбенің потенциалы екі рет анықталады, есептеулерде ең кішісі қалдырылады:  $v_{10} = 21$ . 8-ші кезеңде алынған  $v_{10}$  мәні сызылып тастайды. Сонымен, 10-ші төбенің потенциалы меншіктелген, 1-ші төбеден 10-ші төбеге дейінгі ең қысқа қашықтық 21 км-ге тең. Потенциалдарды тағайындаудың графикалық бейнеленуі және графтағы ең қысқа жолды есептеу 2-ші суретте көрсетілген.



Сурет 2. Жүрудің ең қысқа қашықтығының графикалық көрінісі

Ең қысқа жолды табу тапсырмасын MS Excel-де «Шешім іздеу» қосымшасының көмегімен де шешуге болады. Ол үшін ең қысқа жолды табатын граф құрылымын көрсететін модель құру қажет. Жоғарыдағы мысал үшін осы процедураларды қарастырайық [11].

### Дискуссия

Есептің математикалық моделін құрайық.  $i < j$  (шарт қабырғаның дұрыс нөмірленуін көрсетеді) болған кезде,  $i$ - желінің әрбір алдыңғы төбесі,  $j$  - әрбір келесі төбесі болсын;

$c_{ij}$  - әр қабырғаның (мәндері граф қабырғаларында көрсетілген) ұзындығы. Қажетті жолға кіретін доғалар ұзындықтарының қосындысы минималды болатындай етіп бастапқы  $i = 1$  төбесінен  $j = 10$  соңына дейінгі жолды табу керек.

$x_{ij}$  айнымалысын енгізейік:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{егер } ij \text{ қабырғасы ізделініп отырған қысқа жолға кірсе,} \\ 0, & \text{егер } ij \text{ қабырғасы ізделініп отырған қысқа жолға кірмесе} \end{cases} \quad (2)$$

бұл жағдайда графикте  $ij$  доғасы болмаса  $x_{ij} = 0$  деп санаймыз.

Сонда максаттық функция келесідей болады:

$$\sum_i^n \sum_j^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \text{ сызықтық шектеулер есебінде } i < j \text{ кезінде} \quad (3)$$

Графтің құрылымын көрсететін шектеулерді қарастырайық.

1. Шарт бойынша қажетті жол  $i = 1$  төбесінен басталатын болғандықтан, оған бастапқы төбеден шығатын доғалардың бірін қосу керек. Сонымен, бірінші шектеу:

$$\sum_{j=2}^{10} x_{1j} = 1, \quad (4)$$

есеп үшін бұл шектеу келесідей көрінеді:  $x_{12} + x_{13} + x_{14} = 1$  (яғни, бастапқы төбеден шығатын барлық қабырғалардың «белгілерінің» қосындысы 1-ге тең).

2. Сол сияқты, ізделініп отырған жол 10-ші төбеде аяқталады, оған алдыңғы төбелерден шығатын қабырғалардың бірі кіруі керек. Сонымен, екінші шектеу:

$$\sum_{i=1}^9 x_{i10} = 1, \quad (5)$$

есеп үшін бұл шектеу келесідей көрінеді:  $x_{810} + x_{710} + x_{910} = 1$  (яғни соңғы төбеге кіретін барлық қабырғалардың «белгілерінің» қосындысы 1-ге тең).

3. Қалған шектеулер ізделінген жол кез-келген төбеден өте алатындай етіп қалыптасады (бастапқы және соңғы кездері ескерілген). Оның үстіне, егер ізделінген жол төбеге кірсе, онда ол одан шығуы керек: төбеге кіретін қабырғалар саны одан шығатын қабырғаларға тең, ал бұл сандардың айырымы нөлге тең. Мұндай шектеулердің саны бастапқы және соңғы төбелерді қоспағанда, граф төбелерінің санына тең.

Біздің график үшін қалған шындықтарға арналған шектеулер келесідей:

$x_{12} - x_{24} - x_{25} = 0$  (яғни екінші төбеден шығатын қабырғалардың «белгілерін» алып тастап, екінші төбеге кіретін қабырғалардың «белгілері» нөлге тең);

$x_{13} - x_{34} - x_{36} = 0$  (3-ші төбесі үшін);

$x_{14} + x_{24} + x_{34} - x_{45} - x_{46} - x_{47} = 0$  (4-ші төбе үшін).

5-ші– 9-ші төбелеріне арналған шектеулер дәл осылай жазылған [12].

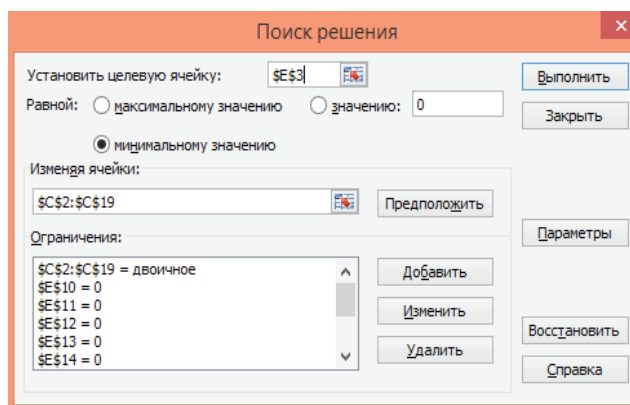
MS Excel ортасына 3-ші суретке сәйкес модельді орналастырамыз.

	A	B	C	D	E	F
1	Ребро	Расстояние, км Cij	Xij			
2	1--2	8	0		Критериальная функция	
3	1--3	4	0		=СУММПРОИЗВ(B2:B19;C2:C19)	
4	1--4	5	0			
5	2--4	2	0		Ограничения для начальной и конечной вершин	
6	2--5	9	0		=C2+C3+C4	начальная вершина, i=1
7	3--4	7	0		=C19+C18+C17	конечная вершина, j=10
8	3--6	6	0			
9	4--5	5	0		Ограничения для остальных вершин	
10	4--6	9	0		=C2-C5-C6	вершина 2
11	4--7	4	0		=C3-C7-C8	вершина 3
12	5--7	10	0		=C4+C5+C7-C9-C10-C11	вершина 4
13	5--8	6	0		=C6+C9-C12-C13	вершина 5
14	6--7	8	0		=C8+C10-C14-C15	вершина 6
15	6--9	10	0		=C11+C12+C14-C16-C17	вершина 7
16	7--9	12	0		=C13-C18	вершина 8
17	7--10	23	0		=C15+C16-C19	вершина 9
18	8--10	5	0			
19	9--10	2	0			
20						

Сурет 3. MS Excel-де деректерді енгізу

Әрі қарай, «Шешім іздеу» кондырмасында мақсат функциясы мен шектеулер құрылымын 4-ші суретке сәйкес орнату керек.

«Мақсатты ұяшықты орнату» бағанында критерий функциясы бар ұяшыққа сілтеме көрсетіледі, оның мәні минимумға тең болады. Өзгертілетін ұяшықтар -  $x_{ij}$  айнымалылар диапазоны. Шектеу - бастапқы және соңғы төбелер үшін 1-ге, қалғандары 0-ге тең, сонымен қатар шектеулер  $x_{ij}$  (ізделетін айнымалылар 0 немесе 1 мәнін қабылдау үшін) айнымалыларының диапазоны үшін «екілік мәндерді» орнатады.



Сурет 4. «Поиск решения» терезесіндегі шектеулерді енгізу

Келтірілген мысалдың шешімінің нәтижесі 5—ші суретте көрсетілген.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Ребро	Расстояние, км Cij	Xij					
2	1--2	8	0		Критериальная функция			
3	1--3	4	0			21		
4	1--4	5	1					
5	2--4	2	0		Ограничения для начальной и конечной вершин			
6	2--5	9	0			1 начальная вершина, i=1		
7	3--4	7	0			1 конечная вершина, j=10		
8	3--6	6	0		Ограничения для остальных вершин			
9	4--5	5	1			0 вершина 2		
10	4--6	9	0			0 вершина 3		
11	4--7	4	0			0 вершина 4		
12	5--7	10	0			0 вершина 5		
13	5--8	6	1			0 вершина 6		
14	6--7	8	0			0 вершина 7		
15	6--9	10	0			0 вершина 8		
16	7--9	12	0			0 вершина 9		
17	7--10	23	0					
18	8--10	5	1					
19	9--10	2	0					

Сурет 5. MS Excel де қысқа жол нәтижесін іздеу нәтижесі

Осылайша, қарастырылған граф үшін ең қысқа жол: 1 - 4 - 5 - 8 - 10, ол MS Excel кестесінің «C» бағанында бірліктермен белгіленеді, бұл ретте жолдың ең кіші ұзындығы 21 км жетеді.

### Қорытынды

Бағытталған графты оңтайландыру есептерінде Дейкстра алгоритмін логистикалық жүйелердегі ең қысқа маршруттарды анықтау кезінде модельді автоматтандыруға мүмкіндік беретін компьютерлік модель жасалды. Қарастырылып отырған ең қысқа жолды құрайтын қабырғалардың реттілігін анықтайтын рекурсивті процедура негізінде итерациялық модель ұсынылды. Теңдеулерге негізделген технологиялық есептеулерді орындау үшін, графикалық төбелердің уақытша және тұрақты белгілері түрінде енгізілді, бұл есептеулер үшін MS Excel-ді қолданды.

Ұсынылған процедураның дұрыстығы мен тиімділігі жағдай векторының өлшемі  $n = 9$  болатын ықтимал нұсқаларды толық талдаумен ең қысқа жолдарды есептеуді автоматтандырудың нақты мысалы қарастырылды. MS Excel ортасында жасалған оңтайландыру есептері көлік логистикалық жүйелерді автоматтандыру үшін ғана емес [13], сонымен қатар пакеттік деректер телекоммуникация жүйелерінде, маршруттық карталарын оңтайландыру жүйелерінде қолдануға болады [14, 15], сондай-ақ басқа да әртүрлі мақсаттарға арналған жоғары өлшемді автоматтандыру мен басқару жүйелерінде қолдануға болады.

### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Le Q.M. Multiple covering of a closed set on a plane with non-Euclidean metrics / A.A. Lempert, Q.M. Le // IFAC-PapersOnLine. - 2018. - Vol. 51, No. 32. -P. 850-854. DOI: [10.1016/j.ifacol.2018.11.439](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.439)
- 2 Le Q.M. An algorithm for packing circles of two types in a fixed size container with Non-Euclidean metric / A.L. Kazakov, A.A. Lempert, Q.M. Le // CEUR-Workshop Proceedings. - 2017. - Vol. 1975. - P. 281-292.
- 3 Zhidekulova G. Abduvalova A. Irrigation management in Kazakhstan using a Delphi-based software / Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics, 21(5): 2020, Page: 1777-1805. ISSN: 1018-7081
- 4 Bronshtein E.M., Gindullin R.V. Exact solutions of some optimization problems of transport logistics. Math Models Comput Simul 6, 332–336 (2014). DOI [doi.org/10.1134/S2070048214030053](https://doi.org/10.1134/S2070048214030053)
- 5 GARCIA-CACERES, Rafael Guillermo; TRUJILLO-DIAZ, Johanna and MENDOZA, Diego. Decision structure for transport logistic problem. Revista Investig. Desarro. Innov. [online]. 2018, vol.8, n.2, pp.321-331. ISSN 2027-8306. <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7970>.
- 6 Rustem E., Yestaev K., Abdimotynova M., Abduvalova A., Tassybayev A. Study of new designs of spillway channels with artificial roughness //Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 2021, 9(4), -P. 117–133 DOI: 0.21533/pen.v9i4.2303
- 7 Абдувалова А.Д., Искакбаева Ж. Шешім қабылдауды қолдау үшін білім беру мәліметтерін интеллектуалды талдау әдістері //Механика және технология: ғылыми-әдістемелік журнал. – Тараз қ., 2016. №2, Б.50-55.
- 8 Абдувалова А.Д., Шабден А. Көлік инфрақұрылымында ақпараттық логистикалық жүйелердің математикалық моделі //Механика және технология: ғылыми-әдістемелік журнал. –Тараз қ. 2016. №2. Б.55-61.

9 Crauser A., Mehlhorn K., Meyer U., and Sanders P. "A Parallelization of Dijkstra's Shortest Path Algorithm" *Proceedings of Mathematical Foundations of Computer Science / Lecture Notes in Computer Science*, 1450: 722–31, Berlin, Heidelberg: Springer, 1998. DOI: 10.1007/BFb0055823.

10 Нуримбетов А.У. Сандық әдістер / Оқу құралы. Алматы: «Отан» баспасы. – 2014. - 150 б.

11 Абдувалова А.Д., Шабден А. Көлік инфрақұрылымында ақпараттық логистикалық жүйелерді жобалау және пайдалану // М.Х. Дулати ат. ТарМУ Хабаршысы «Табиғатты пайдалану және антропосфера мәселелері». Тараз, 2016.-№4. Б. 177-183

12 Абдимомынова М.М., Абдувалова А.Д., Есеналиева М.Қ. Автокөліктің пайдаланылған газдарымен атмосфералық ауаның ластану деңгейін бағалау (СО концентрациясы бойынша) IX Халықаралық ғылыми-әдістемелік конференция материалдары. – Алматы: Абай ат.ҚазҰПУ, «Ұлагат» баспасы, 2020. Б. 14-17.

13 Кусмухамбетов Е.М., Туреханова Г.И. Кәсіптік компьютерлік бағдарламалар. Учебное пособие. -Тараз: Тараз университеті. -2015.

14 Боранкулова Г.С. Socio-economic aspects of information and communication technology development // Вестник КазНПУ, № 2 (138), 2020.

15 Адольф К.А. Проблемы оптимизации процесса грузоперевозок // Логистические системы в глобальной экономике: материалы Междунар. науч.- практ. конф. (3-4 марта 2014 г.). Вып. 1 / Сибир. гос. аэрокосмический ун-т. Красноярск, 2014. С. 318–324

#### References:

1 Le Q.M. Multiple covering of a closed set on a plane with non-Euclidean metrics / A.A. Lempert, Q.M. Le // *IFAC-PapersOnLine*. - 2018. - Vol. 51, No. 32. -P. 850-854. DOI: [10.1016/j.ifacol.2018.11.439](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.439)

2 Le Q.M. An algorithm for packing circles of two types in a fixed size container with Non-Euclidean metric / A.L. Kazakov, A.A. Lempert, Q.M. Le // *CEUR-Workshop Proceedings*. - 2017. - Vol. 1975. - P. 281-292.

3 Zhidekulova G. Abduvalova A. Irrigation management in Kazakhstan using a Delphi-based software / *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics*, 21(5): 2020, Page: 1777-1805. ISSN: 1018-7081

4 Bronshtein E.M., Gindullin R.V. Exact solutions of some optimization problems of transport logistics. *Math Models Comput Simul* 6, 332–336 (2014). DOI [doi.org/10.1134/S2070048214030053](https://doi.org/10.1134/S2070048214030053)

5 GARCIA-CACERES, Rafael Guillermo; TRUJILLO-DIAZ, Johanna and MENDOZA, Diego. Decision structure for transport logistic problem. *Revista Investig. Desarro. Innov.* [online]. 2018, vol.8, n.2, pp.321-331. ISSN 2027-8306. <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7970>.

6 Rustem E., Yestaev K., Abdimomynova M., Abduvalova A., Tassybayev A. Study of new designs of spillway channels with artificial roughness // *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 2021, 9(4), -P. 117–133 DOI: 0.21533/pen.v9i4.2303

7 Abduvalova A.D., Iskakbaeva Zh. (2016) Sheshim kabyldaudy koldau ushin bilim beru malimetterin intellectuals taldau adisteri [Methods of intellectual analysis of educational data to support decision-making] *Mechanics zhane technology: gylymy-adistemelik journal*. Taraz q. №2, ISSN 2308-9865, 50-55. (In Kazakh)

8 Abduvalova A.D., Shabden A. (2016) Kolik infrakurilymynda akparattyk logistikalyk zhyyelerdin mathematical modeli [Mathematical model of information logistics systems in transport infrastructure] *Mechanics zhane technology: gylymy-adistemelik journal*:-Taraz №. 2., 55-61. (In Kazakh)

9 Crauser A., Mehlhorn K., Meyer U., and Sanders P. "A Parallelization of Dijkstra's Shortest Path Algorithm" *Proceedings of Mathematical Foundations of Computer Science / Lecture Notes in Computer Science*, 1450: 722–31, Berlin, Heidelberg: Springer, 1998. DOI: 10.1007/BFb0055823.

10 Nurimbetov A.U. (2014) Sandyk adister [Numerical methods]. Оқу куралы. Алматы: "Отан" баспасы. 2014. 150. (In Kazakh)

11 Abduvalova A.D., Shabden A. (2016) Kolik infrakurilymynda akparattyk logistikalyk zhyyelerdi zhibalau zhane paydalanu [Design and operation of information and logistics systems in the transport infrastructure]. M.Kh.Dulati atyn. Tarmu Khabarshysy "Tabiqatty paidalanu zhane anthroposphere maseleleri". Taraz, 2016. №4. 177-183. (In Kazakh)

12 Abdimomynova M.M., Abduvalova A.D., Esenalieva M.K. (2020) Avtokoliktin pajdalanylghan gazdarymen atmosferalyk auanyñ lastanu dengejin bagalau (SO koncentracijasy bojnynsha) [Estimation of the level of air pollution by exhaust gases from vehicles (by CO concentration)]. IX Kalykaralyk gylymy-adistemelik konferencija materialdary. Almaty: Abaj atyndagy KazUPU, «Ulagat» baspasy, 2020. 14-17. (In Kazakh)

13 Kusmuhambetov E.M.Turehanova G.I. (2015) Kasiptik komp'juterlik bagdarlamalar [Professional computer programs]. Uchebnoe posobie. Taraz:Taraz universiteti. (In Kazakh)

14 Borankulova G.S. (2020) Socio-economic aspects of information and communication technology development // *Vestnik KazNITU*, № 2 (138).

15 Adol'f K.A. (2014) Problemy optimizacii processa gruzoperevozok [Problems of optimization of transportation's process]. *Logisticheskie sistemy v global'noi ekonomike: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Vol. 1. An electronic collection of Siberian state aerospace University, 318– 324. (In Russian).