

МРНТИ 20.01
УДК 004.02

<https://doi.org/10.51889/2020-4.1728-7901.35>

Д. Нұрсерік¹, Ф.Р. Гусманова¹, Г.А. Абдулкаримова², Қ.С. Дальбекова³

¹әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

³Халықаралық бизнес университеті, Алматы қ., Қазақстан

МЕТАЭВРЕСТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМ АРҚЫЛЫ КӨЛІК ҚҰРАЛДАРЫН БАҒЫТТАУ

Аңдатпа

Ұсынылып отырған зерттеудің негізгі мақсаты генетикалық алгоритмдерді қолдана отырып, көлік құралдарын бағыттау мәселесін шешу болып табылады. Көлік құралдарын бағыттау мәселесін шешу (VRP) - бұл NP-толық класына жататын күрделі комбинаторлық оңтайландыру мәселесі. Мәселенің сипатына байланысты үлкен VRP даналары үшін нақты әдістерді қолдану мүмкін емес. Генетикалық алгоритмдер оңтайландыру және іздеу есептеулерінің нақты немесе жуық шешімін табу үшін есептеулерде қолданылатын іздеу әдісін ұсынады. Бұл мақалада табиғи эволюция механизмдеріне негізделген генетикалық алгоритм сияқты оңтайлы маршрутты іздеудің метаэвристикалық әдістері қарастырылады. Жұмыстың мақсаты іздеу уақытын азайту және ең аз шығындар бағытын таңдау мүмкіндігін арттыру үшін оңтайлы маршрутты іздеудің метаэвристикалық әдістерін жетілдіру болып табылады.

Түйін сөздер: көлік құралдарын бағыттау мәселесін шешу (VRP), генетикалық алгоритм, NP-толық, метаэвристика, оңтайлы бағытты іздеу.

Аннотация

Д. Нұрсерік¹, Ф.Р. Гусманова¹, Г.А. Абдулкаримова², Қ.С. Дальбекова³

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, г.Алматы, Казахстан

³Университет международного бизнеса, г.Алматы, Казахстан

МАРШРУТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПОМОЩЬЮ МЕТАЭВРЕСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Основной целью предлагаемого исследования является решение проблемы маршрутизации транспортных средств с помощью генетических алгоритмов. Задача маршрутизации транспортных средств (VRP) является NP-полной сложной задачей комбинаторики. При больших количествах входных данных в задаче VRP очень затратно находить самое оптимальное решение. Генетические алгоритмы предлагают максимально оптимальное решение за короткий промежуток времени. В статье рассматриваются генетические алгоритмы основанные на механизме эволюции для поиска оптимального маршрута метаэвристическими методами. Целью работы является минимизация времени поиска наиболее приемлемого оптимального решения задачи, а также развитие метаэвристических методов.

Ключевые слова: решение проблемы маршрутизации транспортных средств (VRP), генетический алгоритм, NP-полные задачи, метаэвристика, оптимизация маршрутизации.

Abstract

ROUTING OF VEHICLES USING THE METAHEURISTIC ALGORITHM

Nurserik D.¹, Gusmanova F.R.¹, Abdulkarimova G.A.², Dalbekova Q.S.³

¹Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh National Pedagogical University after Abai, Almaty, Kazakhstan

³University of international business, Almaty, Kazakhstan

The main goal of the proposed research is to solve the problem of vehicle routing using genetic algorithms. Vehicle Routing Problem (VRP) is an NP-complete complex combinatorial problem. With a large amount of input data in a VRP problem, it is very expensive to find the most optimal solution. Genetic algorithms offer the most optimal solution in a short period of time. This article discusses genetic algorithms based on the mechanism of evolution for finding the optimal route by metaheuristic methods. The aim of the work is to minimize the time needed to find the most acceptable optimal solution to the problem, as well as to develop metaheuristic methods.

Keywords: solution of the vehicle routing problem (VRP), genetic algorithm, NP-complete problems, metaheuristics, routing optimization.

Маршруттау мәселелері мен жоспарлау мәселелерінің көптеген ұқсастықтары бар екендігі белгілі, атап айтсақ, жүріп өткен жолды немесе ауысу уақытын минимизациялау объектілердің оңтайлы реттілігін табуы білдіреді. Графикалық процессорда жұмыс істеуге бейімделген динамикалық бағдарламалау процедурасында ұсынылған және күшейтілген көп өнімді өндіріс кестесін құру мәселесі үшін генетикалық алгоритм негіз ретінде алынды [1].

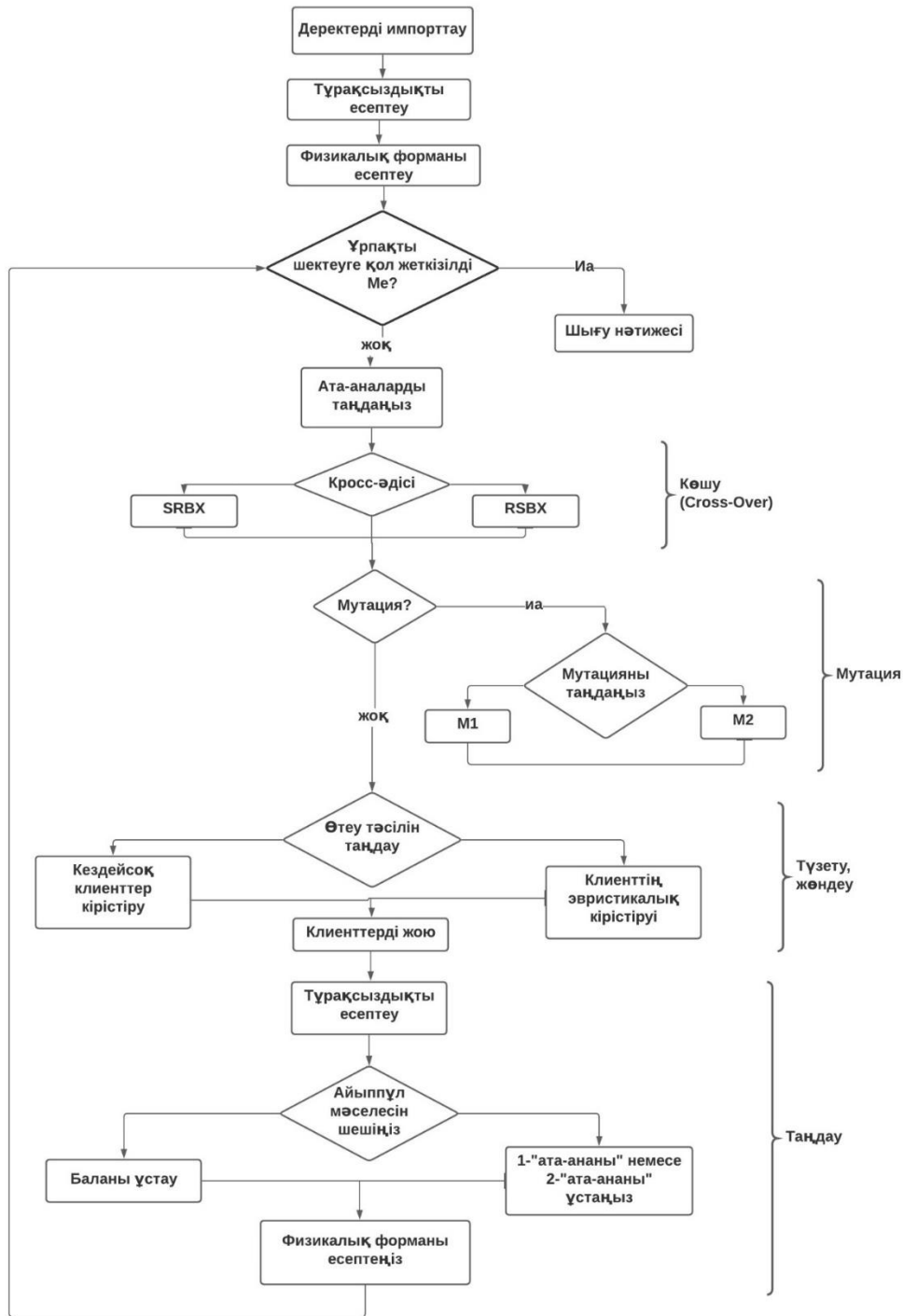
Жалпы осы салада қарастырылған мәліметтер қысқа мерзімде ең дәл шешім алу үшін олардың нақты қасиеттерін ескере отырып, нақты мәселелерді шешуге бағытталған. Сонымен қатар, шешудің әмбебап әдістері практика үшін өте маңызды, өйткені олар қолданбалы жобаны тез бастауға, бағдарламалық жасақтаманың алғашқы нұсқаларын іске қосуға, өндірістік жағдайдың математикалық моделін шешуге назар аударуға және жобаны іске асырудың пайдасын бағалауға мүмкіндік береді. Белгілі бір мәселені шешудің дәлдігін арттыру үшін арнайы алгоритм құру туралы шешім қабылданған жағдайда, әмбебап алгоритмдер қол жетімді нәтижелерді қаншалықты жақсартуға болатындығын көрсететін бастапқы нүкте ретінде қызмет етеді

VRP-ді келесідей сипаттауға болады: бірдей сыйымдылығы бар көлік паркін, жалпы депоны және клиенттердің бірнеше талаптарын ескере отырып, жалпы маршруттар жиынтығын барлық талаптарға сәйкес келетін маршруттың ең төменгі құны бойынша табу талап етіледі [2]. Барлық маршруттар депода басталып, сол жерде аяқталып және олар әр клиентке тек бір рет, тек бір көлік құралымен қызмет көрсетілетіндей етіп жасалуы керек. Генетикалық алгоритмдер Дарвин енгізген табиғи іріктеу механизмі бойынша жұмыс жасайды [3].

Олар белгілі бір операторларды операциялық жүйелер шешімдерінің жиынтығына қолданады, мәселе жаңа популяция алдын-ала анықталған критерий функциясына сәйкес алдыңғысымен салыстырғанда жақсаратындай етіп шешіледі. Бұл процедура алдын-ала таңдалған итерация санына байланысты қолданылады, соңғы популяцияда табылған ең жақсы шешім немесе кейбір жағдайларда алгоритмнің эволюциясы кезінде табылған ең жақсы шешімі болады. Жалпы жағдайда, мәселені шешу кодталады және операторлар шешімдердің кодталған нұсқаларына қолданылады. Кодтау әдісі генетикалық алгоритмді орындауда маңызды рөл атқарады. Қате код жазу бұл төмен өнімділікке әкеледі. Генетикалық алгоритмдер қолданатын операторлар табиғи сұрыпталу процесін имитациялайды. Ең танымал қолданыстағы операторлары бұл – көбею, кроссовер және мутация және олар осы ретпен қолданылады. Репродукция операторы қазіргі популяцияда неғұрлым жақсы шешім болса, келесі популяцияда соғұрлым көп (аз) қайталануды қамтамасыз етеді. Көбею операторын қолданғаннан кейін алынған популяция кездейсоқ шешім жұптарын таңдайды, оларды еркін позицияларға бөледі және оларды екінші бөліктермен алмастырады. Соңында оператор көбею операторлары мен кроссоверді қолданғаннан кейін қолданылатын мутация кездейсоқ шешім элементін таңдап, оны белгілі бір ықтималдылықпен өзгертеді. Сондықтан генетикалық алгоритмдер оңтайландыру және іздеу есептерінің шынайы немесе жуық шешімдерін табуға арналған есептеулер әдісін ұсынады.

Ең басында бастапқы буын анықталуы керек. Мұны кездейсоқ инициализация арқылы жасауға болады немесе алгоритмнің шешімдері ықтимал іздеу кеңістігінде жұмыс істеуге мүмкіндік беретін тұқым себуді қолдана алады. Осы уақыттан бастап ықтимал шешім табылғанға дейін немесе ұрпақтардың максималды деңгейіне жеткенше келесі қадамдар орындалады.

Бірінші қадам – таңдау: алдымен жаңа ұрпақты өсіру үшін қолданыстағы популяцияның бір бөлігін таңдаймыз. Іріктеу фитнеске негізделген тәсілде жұмыс жасалады, мұнда басқаларға қарағанда көбеюі ықтимал басымырақ келеді. Екінші қадам – көбею: көбею кезеңінде келесі ұрпақ кроссовер және мутация әдістерін қолдана отырып құрылады. Әрбір жаңа балаға ата-аналар жұбы таңдалады, олардың ішінен бала оның қасиеттерін алады. Өту кезінде генотип екі ата-анадан алынып, жаңа бала жасау үшін біріктіріледі. Белгілі бір ықтималдылықпен, бала кейіннен белгілі бір гендерді модификациялаудан тұратын кейбір мутацияға ұшырайды. Бұл шешім кеңістігін тереңірек зерттеуге және генетикалық әртүрлілікті қамтамасыз етуге немесе сақтауға көмектеседі. Бұл мутация әдетте төмен ықтималдылықпен байланысты. Сондықтан популяцияда тиімді іздеуді қамтамасыз ету үшін генетикалық сапа мен әртүрлілік арасындағы дұрыс тепе-теңдік қажет. Үшінші қадамда іске асыру барысында Python бағдарламалау тілінде нәтиже алынды. 1-суретте құралдарын бағыттау мәселесін генетикалық алгоритм бойынша есептің қойылымы ретінде блок-схема көрсетілген. Төртінші қадамда хромосомалардың орындалуы жүзеге асырылады.



Сурет 1. Генетикалық алгоритмнің негізіндегі VRP шешімінің блок-схемасы

Хромосомалардың әрбір жиынтығы бір жеке адамды бейнелейді, бұл VRP үшін мүмкін шешімдердің бірі (егер барлық шектеулер орындалса, онда оны дұрыс шешім деп санауға болады). Әрбір хромосома маршрутты білдіреді және оны маршрут объектісі жүзеге асырады. Route объектісі барлық гендерді (тұтынушы объектілеріне сілтемелер) массивте сақтайды [4]. Массив индексі клиенттің маршруттағы орнын көрсетеді. Барлық шешім маршруттары VRP нысанында массивте сақталады, мұндағы индекс маршрут нөмірін анықтайды. VRPManager жоғарғы деңгейде популяцияны анықтайтын барлық VRP нысандарын сақтайды. Массивті қолдануды таңдау VRPManager (VRP нысандарын сақтау үшін) және VRP объектілері (маршруттарды сақтау үшін) үшін оңтайлы болып табылады, өйткені бізде тұрақты популяция және маршруттар жиынтығы бар. Гендерді (клиенттерді) сақтау үшін қарапайым байланыстырылған тізімнен гөрі қарапайым

байланыстырылған тізім қолайлы болады. Кірістіру және жою процедурасы ретінде массив қазіргі кездегіден жылдамырақ болуы мүмкін. Кроссоверлер генетикалық алгоритмдерде – хромосоманың немесе хромосомалардың бағдарламалануын бір ұрпақтан екінші ұрпаққа өзгерту үшін қолданылатын генетикалық оператор. Олар жаңа баланы құру үшін бір адамнан ақпарат алып, екіншісіне енгізеді [4].

Бесінші қадамда шығынның орнын толтыру қарастырылады. Баланы жөндеу барысында олар алдымен генетикалық ақпараттың көптігін немесе бірнәрсе жетіспейтіндігін тексереді. Басқаша айтқанда, процесс қай клиенттердің маршруттарда жоқтығын және қайсысына қызмет көрсетілетінін тексереді. Бірнеше рет қызмет көрсетілетін клиенттер хромосомалардан шығарылады, сондықтан бір клиент бір рет қатысады. Қайталанатын гендер жойылатын орын кездейсоқ таңдалады. Жетіспейтін клиенттерді қайта енгізу керек. Бұл жерде эвристика басты орын алады. Клиенттер жай кездейсоқ жерге емес, олар қолданылатын жерге орналастырылады [5]. Бұл орынды клиентті белгілі бір жерде бар маршрутқа енгізуге тырысу арқылы табуға болады. Осы маршрут үшін айыппұлдың мөлшері қаншаға өсетінін анықтау. Енді бұл үрдіс барлық маршруттарға маршрут табылғанға дейін және клиент мүмкін ең аз айыппұл салатын маршруттағы позицияға дейін қолданылады. Бұл қадам өте көп уақытты алады, сондықтан бұл әдіс белгілі бір ықтималдылыққа байланысты қолданылады. Әйтпесе, клиент кездейсоқ маршрутқа кездейсоқ қалыпта жай енгізіледі.

Алтыншы қадамда хромосоманың жарамдылығын бағалау үшін арнайы айыппұл жүйесі енгізілді. Бұл принцип жақсы маршруттарды жаман маршруттардан ажыратуға көмектеседі. Айыппұлды есептеу кезінде әртүрлі аспектілер ескеріледі, мысалы, маршруттың қашықтығы немесе егер клиентке кеш қызмет көрсетілсе, кешігу. Бұл әртүрлі айыппұл операторларын жеке-жеке реттеуге болады.

Жаңа балаға айыппұлдар есептелгеннен кейін, жүйе баланы қабылдауға немесе қабылдамауға шешім қабылдайды. Бұл процесс олардың ата-аналарының жазаларын жазаларымен салыстырады. Егер бала бұдан да жақсы нәтиже көрсетсе, оны кейінгі ұрпақ асырап алады. Алайда, егер балада үлкен көлемде айыппұл болса, онда ата-аналарға олардың айыппұлдарына сүйенетін тағы бір іріктеу процесі болады. Бұл процесте балада бар тіршілік ету мүмкіндігі, өйткені бұл генетикалық әртүрлілік үшін маңызды. Егер баланың ата-анасына қарағанда үлкен жазасы болған жағдайда тірі қалуға мүмкіндігі болмаса, бұл жүйе қатаң болар еді [6, 7]. Алайда бұл жүйенің айыппұл санкцияларының минималды деңгейінде тұрып қалуына әкелуі мүмкін, ол бұдан әрі бұзылмайды. Сондықтан жаман балаға да аман қалуға мүмкіндік беру өте маңызды.

Жетінші қадамда фитнеспен байланысы ескеріледі. Жаңадан құрылған тұрғындардың қайсысы көбеюді ұнататынын таңдау үшін әр адамның дене шынықтыру дайындығын есептеу қажет. Бұл оның хромосомаларының барлық жазаларын қосып, оларды қолдану арқылы жасалады $\max_penalty$ - бұл осы буында табылған жеке тұлғаға ең үлкен жалпы айыппұл [8].

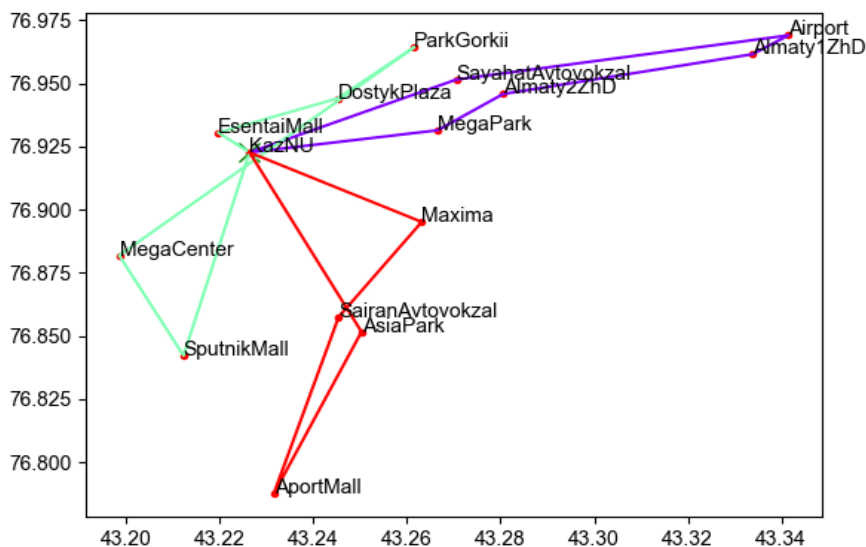
Фитнес = $100 * (\max_айыппұл - айыппұл) / (\max_айыппұл)$

Сондықтан фитнес жаза сияқты абсолютті өлшем емес (оны ұрпақтармен салыстыруға болады), бірақ сол ұрпақ үшін жергілікті өлшем. Фитнес 0-ден (жеке адамға максималды айыппұлмен тағайындалады) теориялық тұрғыдан 100-ге дейін өзгеруі мүмкін (бұған іс жүзінде қол жеткізілмейді).

Физикалық дайындығына байланысты таңдау үрдісі. Енді есептелген жарамдылық келесі ұрпаққа мүшелерді таңдауға көмектеседі. Бұл дөңгелекті таңдау әдісі арқылы жасалады, онда физикалық дайындығы жоғары адамдар басқаларға қарағанда көбірек таңдалады [9].

Нәтижесінде алдымен қозғалтқышты әртүрлі деректер мен тексерілді. Жалпы метаэвристика нақты шешім таппасада ізделінген мәселенің ең оптималды нұсқаларын ұсынды. Барлық тексерілген деректер ішінен дұрыс шешім табылды. Кейбір шешімдер өте жақсы болды, ол 3 көлік үшін жасалған маршрут кезінде бізге жақсы нәтиже көрсетті. Төменде сурет-2 бойынша, бұл жерде бірнеше жеткізуші көліктері мен және бірнеше нүктелер, яғни мекен-жайлар көрсетілген. Депо ретінде KazNU мекен-жайы қарастырылды және 14 пунктке жеткізу мақсатында нүкте координаталары енгізілді.

Нақтырақ көріну үшін 3 курьер мен 14 нүкте көрсетілді. Осы мекен-мекенжайлар бойынша ең оңтайлы нәтиже алынып, олар 2-суретте келтірілді.



Сурет 2. 3 көлігі бар маршрут

Қорытынды

Жұмыстың басты артықшылығы берілген есепке оптималды жауапты аз уақыт ішінде табу. Барлық ең оптималды шешімдерді іздеп, қарастырып отырмай, берілген мәселені тез және қолдан келгенше оңтайлы шешімін табу. Бұл біз келтірген мәселе бизнес үшін өте маңызды, себебі бизнеске мәселенің дәл қазір шешілгені маңызды. Бұл жерде бизнес үшін басты ресурс уақыт болып тұр. Соларды қарастыра келе генетикалық алгоритмдер нақты әдісті қолдануға болмайтын мәселелерді шешуге қызықты тәсіл ұсынады. Жақсы шешім табу үшін көптеген ұрпақтарды пайдалауға тура келді. Сондықтан жүйенің жақсы шешімге тезірек жақындауына көмектесетін кейбір арнайы эвристиканы енгізіп көрдік. Кроссовер әдісін таңдау өте интуитивті болды және олардың жақсы немесе нашар екендігін бағалай алмаймыз. Эвристикалық әдісті қолдана отырып, жаңа элементтерді ішкі бағдарлама ретінде енгізетін және реттілікке негізделген қарапайым кроссовер жасайтын тағы біреуін жүзеге асыру бойынша жұмыс жасалды. Егер эвристикалық деңгейді жоғары қоятын болса, онда бір жағынан өте жақсы нәтижелерге қол жеткізуге болады, бірақ көп жағдайда жақсы нәтижелерге қол жеткізу қиындайды. Сондықтан жүйені жылдам шешім табу мен іздеу кеңістігін шектеу арасындағы тепе-теңдікке келтіру бойынша жұмыстар жасалды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Борисовский П. А. Генетический алгоритм для одной задачи составления производственного расписания с переналадками // Труды XIV Байкальской междунар. школы-семинара "Методы оптимизации и их приложения". Т. 5. Иркутск, ИСЭМ СО РАН. – 2008. – С. 166-173.
- 2 Fisher M. Vehicle routing. *Handbooks of Operations Research and Management Science, Chapter 1*, 8:1-31, 1995
- 3 Sergios Theodoridis, Konstantinos Kourtoumbas. *Pattern Recognition Second Edition* page 582
- 4 Нұрсерік Д., Гусманова Ф.Р., Абдулкаримова Г.А., Дальбекова Қ.С. Эвристикалық және метаэвристикалық алгоритмдерге шолу// «Хабаршы», «Физика-математика ғылымдары» сериясы, Абай атындағы ҚазҰПУ. – 2020. – №3(71). – С. 211 – 215.
- 5 Gendreau M., Laporte G., Potvin J-Y. *Metaheuristics for the vehicle routing problem. Management Science*, 40:1276-1290, 1994.
- 6 Laporte G., Gendreau M., Potvin J-Y., Semet F. *Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem. International Transactions in Operational Research*, 7:285-300, 2000
- 7 Laporte G. and F. Semet. *Classical heuristics for the vehicle routing problem. Technical Report G-98-54, GERAD*, 1999.
- 8 Berger J., Barkaoui M. (2003) A Hybrid Genetic Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem. In: Cantú-Paz E. et al. (eds) *Genetic and Evolutionary Computation – GECCO 2003. GECCO 2003. Lecture Notes in Computer Science*, vol 2723. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-45105-6_80
- 9 Dantzing, G., Ramster, R.: Проблема диспетчеризации грузовиков. *Управление Наука* 6(1959) С.80-91.

References:

- 1 Borisovskij P.A. (2008) *Geneticheskij algoritm dlja odnoj zadachi sostavlenija proizvodstvennogo raspisanija s perenaladkami* [Genetic algorithm for one task-to establish the production process with transfers]. *Trudy XIV Bajkal'skoj mezhdunar. Shkoly-seminara "Metody optimizacii i ih prilozhenija". T. 5. Irkutsk, ISJeM SO RAN, 166-173. (In Russian)*
- 2 Fisher M. (1995) *Vehicle routing. Handbooks of Operations Research and Management Science, Chapter 1, 8:1-31. (In English)*
- 3 Sergios Theodoridis, Konstantinos Kourtoumbas. *Pattern Recognition Second Edition, 582. (In English)*
- 4 Nurserik D., Gusmanova F.R., Abdulkarimova G.A., Dal'bekova K.S. (1994) *Jevristikalyk zhane metajevrestikalyk algoritmderge sholu* [Review of Heuristic and metaheuristic algorithms] «Habarshy», «Fizika-matematika gylymdary» serijasy, Abaj atyndagy KazUPU. №3(71), 211 – 215. (In Kazakh)
- 5 Gendreau M., Laporte G., Potvin J-Y. (1994) *Metaheuristics for the vehicle routing problem. Management Science, 40:1276-1290. (In English)*
- 6 Laporte G., Gendreau M., Potvin J-Y., Semet F. (2000) *Classical and modern heuristics for the vehicle routing problem. International Transactions in Operational Research, 7:285-300. (In English)*
- 7 Laporte G. and F. Semet. (1999) *Classical heuristics for the vehicle routing problem. Technical Report, 98-54, GERAD. (In English)*
- 8 Berger J., Barkaoui M. (2003) *A Hybrid Genetic Algorithm for the Capacitated Vehicle Routing Problem. In: Cantú-Paz E. et al. (eds) Genetic and Evolutionary Computation GECCO 2003. GECCO 2003. Lecture Notes in Computer Science, vol 2723. Springer, Berlin, Heidelberg. (In English) https://doi.org/10.1007/3-540-45105-6_80*
- 9 Dantzing, G., Ramster, R.: *Problema dispetcherizacii gruzovikov* [The problem of dispatching trucks]. *Upravlenie Nauka* 6(1959), .80-91. (In English)