

Г.Н. КАЗБЕКОВА¹, А.А. НҮРТАЗА²

¹*техника ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: gulnur.kazbekova@ayu.edu.kz*

²*Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университетінің магистранты (Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: n.aya@mail.ru*

САБАҚ КЕСТЕСІН ҚҰРУДЫҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Білім беру мекемелерінде оқу процесін сапалы және ғылыми-педагогикалық әлеуетті пайдалану тиімділігін ұйымдастырудың маңызды қадамдарының бірі – сапалы сабақ кестесін қалыптастыру міндеті болып табылады. Сапалы жасалған сабақ кестесі студенттік топтар мен профессорлық-оқытушылық құрамның біркелкі жүктелуін қамтамасыз етуі керек.

Университет курстарын жоспарлау мәселесі (УСТР) – студенттер, оқытушылар және сынып бөлмелері сияқты ресурстарды бір уақытта пайдалану кезінде университеттегі курстарды жоспарлаудың нақты мәселесі. Бұл есептер полиномдық емес уақыт (NP) және комбинаторлық оңтайландыру (COP) есептері болып саналады, яғни оларды қажетті кестені алу үшін оңтайландыру алгоритмдерімен шешуге болады. Университеттерде кесте мәселелерін шешу үшін бірнеше әдістер қолданылды және олардың көпшілігі оңтайландыру әдістерін қолданады.

Бұл мақалада университеттердегі сабақ кестесі мәселелерін шешудің алты әдісі қарастырылған: дәйекті әдіс, кластерлік, шектеулерге негізделген әдістер, мета-эвристикалық, жалпыланған іздеу, гибриді эволюциялық алгоритмдер, көп өлшемді тәсілдер, нақты мысалдарға негізделген дәлелдеу, гиперэвристика, бейімделу тәсілдері. Бұл мақаланың мақсаты университеттерде кесте құру мәселелерін шешу үшін оңтайландыру тәсілдеріне жан-жақты шолу болып табылады. Сонымен қатар, осындай есептерді шешу кезінде Мета-эвристикалық оңтайландырудың қабылданған алгоритмдері көрсетіледі. Сонымен қатар, жиі қолданылатын бақылау деректер жиынтығын көрсету арқылы шешімнің өнімділігін талдау және өлшеу әдістері әзірленді.

Кілт сөздер: УСТР, кесте құру әдістері, мета-эвристика, гиперэвристика, комбинаторлық оңтайландыру.

G.N. Kazbekova¹, A.A. Nurtaza²

¹*Candidate of Technical Sciences, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Kazakhstan, Turkistan), e-mail: gulnur.kazbekova@ayu.edu.kz*

²*Master's student of Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Kazakhstan, Turkistan), e-mail: n.aya@mail.ru*

Review and analysis of existing methods of scheduling classes

Abstract. One of the most important steps in organizing the quality of the educational process in educational institutions and the effectiveness of the use of scientific and pedagogical potential is the task of forming a high-quality lesson schedule. A qualitatively designed lesson schedule should ensure the uniform loading of student groups and teaching staff.

The problem of university course planning (UCTP) is a specific problem of course planning at a university, with simultaneous use of resources such as students, faculty, and classrooms. These

problems are considered non-polynomial time (NP) and Combinatorial Optimization (COP) problems, which means that they can be solved by optimization algorithms to obtain the desired table. Several methods have been used in universities to solve table problems, and most of them use optimization methods.

This article discusses six methods for solving problems with the schedule of classes in universities: Sequential methods, cluster methods, constraint-based methods, meta-heuristic methods, generalized search, hybrid evolutionary algorithms, multi-criteria approaches, case-based reasoning techniques, hyper-heuristics, adaptive approaches. The purpose of this article is a comprehensive review of optimization approaches to solving the problems of scheduling in universities. In addition, when solving such problems, the accepted algorithms for Meta-heuristic optimization are shown. In addition, methods have been developed to analyze and measure the performance of a solution by specifying frequently used control data sets.

Keywords: UCTP, table creation methods, meta-heuristics, hyperheuristics, combinatorial optimization.

Г.Н. Казбекова¹, А.А. Нуртаза²

¹кандидат технических наук, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави (Казахстан, г. Туркестан), e-mail: gulnur.kazbekova@ayu.edu.kz

²магистрант Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави (Казахстан, г. Туркестан), e-mail: n.aya@mail.ru

Обзор и анализ существующих методов составления расписания занятий

Аннотация. Одним из важных шагов в организации эффективности использования качественного и научно-педагогического потенциала учебного процесса в образовательных учреждениях является задача формирования качественного расписания занятий. Качественно составленное расписание занятий должно обеспечивать равномерную загрузку студенческих групп и преподавательского состава.

Проблема планирования университетских курсов (UCTP) – это конкретная проблема планирования курсов в университете при одновременном использовании таких ресурсов, как студенты, преподаватели и классы. Эти задачи считаются задачами неполиномиального времени (NP) и комбинаторной оптимизации (COP), что означает, что их можно решить с помощью алгоритмов оптимизации для получения необходимой таблицы. В университетах для решения проблем с расписанием использовалось несколько методов, и многие из них используют методы оптимизации.

В данной статье рассмотрены шесть способов решения задач расписания занятий в университетах: последовательный метод, кластеризация, ограничивающие методы, метаэвристика, обобщенный поиск, гибридные эволюционные алгоритмы, многомерные подходы, аргументация на конкретных примерах, гиперэвристика, адаптивные подходы. Цель этой статьи – всесторонний обзор подходов к оптимизации для решения задач построения расписания занятий в университетах. Кроме того, при решении таких задач указываются принятые алгоритмы метаэвристической оптимизации. Кроме того, были разработаны методы анализа и измерения производительности решения путем представления часто используемых наборов контрольных данных.

Ключевые слова: UCTP, методы построения таблиц, мета-эвристика, гиперэвристика, комбинаторная оптимизация.

Кіріспе

Мамандарды даярлау сапасы мен ғылыми-педагогикалық әлеуетті пайдалану тиімділігі

оқу процесін ұйымдастыру деңгейіне байланысты. Автоматтандырылған жобалау жүйесі ұқсас мәселелерді шешудің жолы болып табылады. Дұрыс және дәл жасалған кесте студенттік топтар мен профессорлық-оқытушылық құрамның біркелкі жүктелуін қамтамасыз етеді. Оқытушылар жұмысының тиімділігі, студенттердің оқу материалын игеруі, университеттің зияткерлік және материалдық базаларын ұтымды пайдалану жақсы жасалған кестеге байланысты.

Университетте (University Course Timetabling Problem – UCTP) сабақ кестесін құру міндеті барлық университеттерде және басқа оқу орындарында әр-түрлі шешіледі. Оқу кестесін әзірлеуді автоматтандыру үшін бұл процесті формальды түрде сипаттау керек, яғни оны барабар сипаттайтын математикалық модель жасау керек. Мұндай модель белгілі алгоритмдерді қолдануға немесе осы мәселені шешу үшін жаңаларын жасауға және оны автоматты түрде шешуге мүмкіндік береді. Осы мақсатта, қолданыстағы модельдерді талдау өзекті болып табылады.

Университетте кесте құру NP (детерминирленбеген көпмүше) – COP (комбинаторлық оңтайландыру мәселесі) деп аталатын тапсырмалар класына жатады. Бұл сыныпта нақты танылған функциялар бар, мысалы:

- Белгілі бір уақыт ішінде мұндай мәселелерді шешудің әдісі әлі табылған жоқ.
- Өміршең шешімге жету үшін қажет есептеу уақыты есептің көлемінің ұлғаюымен экспоненциалды түрде өседі.
- Бұл әдетте қолмен жасалады; адам процедураны қайталай алады және бұл көп уақытты қажет етеді. Негізгі мақсат барлық қатаң және жұмсақ шектеулерді орындауға бағытталған, бұл күрделілікті арттырады.
- Нақты шешімге оңтайландыру тапсырмаларының қарапайым жағдайлары үшін ғана қол жеткізуге болады. Көп жағдайда оңтайлы шешімге кепілдік бермейтін жуықтау алгоритмдері қолданылады.

Жоғарыда келтірілген ерекшеліктер университеттерде кесте құрудың нәліктен өте қиын екенін анықтауға көмектеседі, өйткені мақсат әр түрлі мекемелер үшін өте қолайлы кесте құру болып табылады және әр институттың белгілі бір ережелері, шарттары мен құрылымы бар. Сонымен қатар, бұл оқу орындары тіркелген студенттер саны артқан сайын жыл сайын тез өсуді жалғастыруда, өйткені студенттер саны неғұрлым көп болса, мұғалімдер, заттар, ғимараттар және ауыр физикалық жұмыс соғұрлым көп болады. Сонымен қатар, қол жеткізілген шешім кейбір жағынан қанағаттанарлықсыз болуы мүмкін. Осы себептерге байланысты университеттердегі сабақ кестесінің проблемалары оңтайлы кестені табу процесін жеделдету үшін алынған шешімдерді автоматтандыруды қажет етеді. Осы жылдар ішінде университеттерде кесте құру мәселелерін шешудің бірнеше алгоритмдері ұсынылды. Дегенмен, іздеу процесін басқару және күшейту үшін адамның жанасуы әлі де қажет. Сонымен қатар, ұсынылған шешімдердегі артықшылықтарды ескеру қажет, оларды автоматтандырылған жүйелер арқылы тұжырымдау және білдіру мүмкін емес. Жалпы, бұл жеке процесс [1].

Зерттеу әдістері

Университеттердегі сабақ кестесі мәселелерін шешудің әртүрлі ұсынылған әдістерін алты кеңейтілген санатқа қосымша төрт келісілген санатқа бөлуге болады:

- Дәйекті әдістер;
- Кластерлік әдістер;
- Шектеулерге негізделген әдістер;
- Мета-эвристикалық әдістер;
- Жалпыланған іздеу;
- Гибридті эволюциялық Алгоритмдер;
- Көп өлшемді тәсілдер;

- Нақты мысалдарға негізделген дәлелдеу әдістері;
- Гиперэвристика;
- Бейімделу тәсілдері.

Бұрын жоспарлау мәселелерін шешудің көптеген тәсілдері ұсынылған болатын. Әрі қарай, кестені құрудың тек үш маңызды тәсілі егжей-тегжейлі сипатталады: эвристикалық алгоритмдер, мета-эвристикалық алгоритмдер және будандастыру әдістері. 1-сурет иерархияны бейнелейді және университеттерде кесте құру тәсілдерінің жалпы шеңберін түсіндіреді.



1-сурет – Университетте кесте құру әдістері

1. Эвристикалық Алгоритмдер

Дәйекті эвристика алгоритмдері-кесте есептерін шешудің қарапайым және түсінікті әдістері. Негізгі идея-оқиғаларды ең қиын оқиғадан бастап дәйекті түрде орналастыру арқылы жоспарлау [2]. Ол тез шешім қабылдау қабілетін дәлелдеді. Алайда, дәйекті эвристикалық тәсілдердің тиімділігі Мета-эвристиканың тиімділігімен салыстырғанда салыстырмалы түрде әлсіз [1]. Жергілікті іздеу эвристикалық алгоритмдердің бір мысалы болып табылады және келесідей сипатталады:

LS-комбинаторлық оңтайландыру (COPs) есептерін шешуге арналған функционалды алгоритм. NP/COPs мәселелерін шешетін тәсілдердің көпшілігі жергілікті іздеуді қамтиды. Техникалық тұрғыдан жергілікті іздеу кеңістігінен ең жақсы шешімді алады және оны бірнеше рет жаңа, ең жақсы көршілес шешіммен ауыстырады [5]. Жергілікті іздеу іздеу кеңістігіндегі бірнеше үміткер шешімдері арасындағы шарттарды барынша қанағаттандыру үшін ұсынылған. LS жетістігінің арқасында ол жақында PSO [7] сияқты Мета-эвристикалық

алгоритмдерге қолданылды.

2. Мета-эвристикалық Алгоритмдер

Мета-эвристикалық Алгоритмдер – бұл дәйекті эвристикалық әдіспен салыстырғанда жетілдірілген тәсілдер. Мета-эвристиканың дәйекті эвристикалық алгоритмдермен салыстырғанда жоғары шешімдер шығару мүмкіндігі бар [10]. Жалпы, университет кестесін құру кезінде бастапқы шешім тиісті эвристикалық механизмді қолдана отырып құрылады, ал оңтайландыру процесінің қалған бөлігі тандалған Мета-эвристикалық алгоритмді қолдана отырып жүзеге асырылады. Мета-эвристикалық алгоритмдердің өнімділігі әртүрлі факторларға байланысты данадан данаға өзгеруі мүмкін. Осылайша, әр түрлі жағдайларда тұрақты және теңгерімді болып қалатын, қымбат бейімделуді қажет етпейтін жалпы жан-жақты құрылымды дамыту соңғы жылдары зерттеу тақырыбы болды [7]. Соңғы уақытта әртүрлі салалардан шабыттанған әртүрлі Мета-эвристикалық тәсілдер ұсынылды және әзірленді; мысалы, физика, биология, неврология және элеуметтану сияқты ғылыми салаларға ұқсастық [7]. Мета-эвристика бір шешімге негізделген тәсілдерге және жиынтыққа негізделген тәсілдерге келесідей бөлінеді:

2.1 Бір шешімге негізделген тәсілдер

Ол ең жақсы шешімді алу үшін бір шешімге жүгінеді және оны іздеу процесінде өңдейді. Мүмкін болатын шешімдер жиынтығын пайдаланудың орнына, ол критерийлер жиынтығына сәйкес таңдалған жалғыз шешімді өңдейді және соңғы шартты критерий қанағаттандырылған кезде аяқтау кезеңіне қол жеткізілгенге дейін оны жақсартылған шешіммен ауыстырады [7].

Бұл тәсілдің тиімділігі қазіргі ең жақсысын ауыстыру үшін ең жақын балама үміткер шешімдерін анықтауға байланысты. Бұл тұжырымдама берілген тәсілдің Күшін білдірсе де, басты кемшілігі-жалғыз шешімдер екінші санатпен салыстырғанда жергілікті оптимумдарда оңай тұрып қалады [11]. Университеттегі сабақ кестесі мәселелерін шешу үшін бір шешімге негізделген кейбір қолданылатын әдістерге мыналар жатады:

** Имитациялық күйдіру (SA)*

Са физикадағы қатты заттардың қызуын ынталандыратын LS тәсілі болып саналады. Ол бастапқы кодты жергілікті іздеудің басқа стратегиясын қолданады, сондықтан ағымдағы шешімді басқа кандидатпен жиі ауыстырудың орнына, ол кездейсоқ бастапқы шешімді жасайды және әр итерацияда балама кездейсоқ шешіммен ауыстырылады, бұл жергілікті оптимумдарда ұстамау мүмкіндігін арттырады [7].

** Тыйым бойынша іздеу (TS)*

TS тыйым салу тізімін критерий ретінде көрсетуге негізделген. Ол алдымен бастапқы нәтижеден басталып, ең жақсысын таңдау үшін іргелес нәтижелер жиынтығына көшеді. Егер көрші нәтиже қол жетімді нәтижеге артықшылық берсе, алгоритм осы бағытты таңдайды. Ағымдағы ең жақсы нәтижеден көршілес нәтижеге-үміткерге көшу аяқталу шарты орындалғанға дейін қайталады [7].

2.2 Популяцияға негізделген тәсілдер

Популяцияға негізделген тәсілдер алдымен популяцияға негізделген шешімдердің жиынтығын бастайды. Бұл бастапқы жиынтық оңтайлы шешім алу үшін көптеген өзгерістермен қайталанулардан өтеді. Әрбір қалпына келтіру үшін ұсынылған жиынтықтан ең қолайлы шешімді таңдауға мүмкіндік беретін таңдау әдісі қолданылады. Осыдан кейін, іске асырылған Мета-эвристикалық алгоритм негізінде тандалған шешімдердің бірнеше модификациясы орындалады, осылайша шешімге нақтылау алынады. Бұл процедура оңтайлы шешім қабылданғанға дейін жалғасады [5]. Әдетте, университет кестесін құру кезінде негізгі шешім қолайлы эвристикалық тәсілді қолдану арқылы пішімделеді. Дегенмен, Мета-эвристикалық алгоритм арқылы жақсартуға қол жеткізілді [2]. Халыққа негізделген келесі тәсілдер университетте кесте құру мәселелерін шешу үшін қолданылатын алгоритмдердің мысалдары болып табылады:

2.2.1 Эволюциялық Алгоритмдер (EAS)

Кеңесшілер – бұл кейбір түрлердің әлеуметтік мінез-құлқынан басқа табиғи бағалауға еліктейтін стохастикалық іздеу тәсілдері. Кеңесшілер – бұл ықтимал шешімдерді бағалаудың жиынтық әдістері. Олар үш фазадан тұрады: іріктеу, регенерация және ауыстыру [3]. Белгілі және кеңінен қолданылатын генетикалық алгоритм сияқты оңтайландыру есептерін шешуде сәтті және тиімді болып табылатын көптеген эволюциялық алгоритмдер бар:

** Генетикалық алгоритм (GA)*

Генетикалық алгоритм-табиғи эволюциялық процеске негізделген және табиғи сұрыпталу процесінде жұмыс істейтін молекулалық биологиядан шабыттандырылған стохастикалық іздеу әдісі [14]. GA үлкен кеңістікте тамаша іздеу қабілетіне ие, икемді алгоритм болып табылады және әдетте сенімді шешіммен сипатталатын күрделі комбинаторлық есептер [14]. Алгоритм шешімді жақсы және жаман фенотиптерді тасымалдайтын хромосома ретінде қарастырады, содан кейін қайта алу әдісін қолданады.

2.2.3 Үйір интеллект (SI)

Үйірдің интеллектісі табиғаттағы құстардың үйірлері, Ара ұялары және құмырсқалар колониялары сияқты түрлердің әлеуметтік көзқарастарына еліктейді. Мұндай алгоритм күрделі оңтайландыру мәселелерін шешуде тиімді екенін дәлелдеді. Үйір әдетте бір-бірімен ешқандай орталық бақылаусыз байланысатын және өзара әрекеттесетін, бірақ бүкіл колонияда түпкілікті үйлесімділікке әкелетін адамдар тобынан немесе популяциясынан қалыптасады [13]. Үйірдің қалыптастырушы мінез-құлқы кейбір қарапайым ережелерге негізделген, мысалы:

жеке тұлғаның мінез-құлқын орталықтандырылған бақылау; орталықсыздандыру ұжымдық мінез-құлықтың, өзара әрекеттесудің және өнімділіктің сенімділігін арттырады.

Үйірдегі әрбір адамның ортақ мақсатқа негізделген белгілі бір рөлі бар. Жеке адамдар тікелей немесе жанама түрде өзара әрекеттеседі және байланысады, бұл жергілікті халыққа әсер етеді, нәтижесінде ақылға қонымды жаһандық мінез-құлық пайда болады.

Үйір өзін-өзі ұйымдастыру стратегиясын қолданады.

Төменде танымал және кеңінен қолданылатын үйір интеллект алгоритмдерінің мысалдары келтірілген:

** Бөлшектер тобын оңтайландыру (PSO)*

PSO құстардың немесе балық мектептерінің қатар өмір сүруінен шабыттандырады. Бұл үйірлерде бүкіл үйірді басқаруға ең жақсы физикалық дайындығы бар көшбасшы бар, сондықтан кез келген жеке әрекет көшбасшының әрекеттерімен байланысты және оларға негізделген [13]. Нақты өмірден мысал ретінде, ұшу кезінде байланысатын құстар тобында әр құс белгілі бір бағытқа қарайды, содан кейін топ құсты анықтау және оның ең жақсы орнын анықтау үшін бірге сөйлеседі. Осыған сәйкес, әрбір құс өзінің тікелей орналасқан жеріне негізделген жылдамдықты пайдаланып, жоғары тұрған құстың орналасқан жеріне қарай асығады. Осыдан кейін ол өзінің жаңа позициясынан іздеу аймағын зерттейді. Құстар жергілікті іздеу процесі болып табылатын өз тәжірибелерін, сондай-ақ жаһандық іздеуді білдіретін бүкіл отардың тәжірибесін пайдалана алады [12].

** Құмырсқалар колониясын оңтайландыру (ACO)*

ACO алгоритмінің негізгі идеясы – феромондардың иісі арқылы тамақ көзінен құмырсқаға дейінгі ең қысқа жолды табу. Колонияны жүздеген адамдар басқарады. Азық-түлік жинау кезінде, егер тамақ көзіне қол жеткізудің екі жолы болса, құмырсқалар кездейсоқ таңдалады. Негізінде, олардың жартысы бірінші бағытты таңдайды, ал екінші жартысы басқа бағытты таңдайды. Ең қысқа жол феромонның үлкен мөлшерін алуға мүмкіндік береді. Осылайша, келесі жолы құмырсқалар феромондардың иісі арқылы қысқа жолды таниды [12]. ACO-ны қарастыра отырып, кездейсоқ маршрутты немесе жолды құру негізінен мутация процесі болып табылады, ал феромон концентрациясын таңдау ең қысқа жолды таңдау әдісін ұсынады және бұл алгоритмде кроссовер процестері жарияланбайды

[13].

** Жасанды ара колониясы (ABC)*

ABC Тозаң жинау кезінде аралардың табиғи мінез-құлқына еліктейді. Ол аралардың үш тобына бөлінеді: бос емес / жемдік аралар; бақылаушы аралар немесе бақылаушы аралар; және барлаушылар. Процесс скауттарды перспективалы аудандарды кездейсоқ іздеуге жіберуден басталады. Ізденістен кейін олар ұяға оралып, өздерін билеп білдіреді. Табылған сайт туралы ақпарат өте маңызды және бұл ақпарат колонияға егін жинауға қажетті энергия мөлшерін бағалауға көмектеседі. Осыған сүйене отырып, колония араларды тікелей ең перспективалы Жерге жібере алады. Барлаушылар да, жалданған аралар да негізінен таңдау балдың мақсатына негізделген мутациялық процестер ретінде қарастырылады. Кроссовердің нақты процесі жоқ [13].

2.2.2 Меметикалық алгоритм (МА)

Меметикалық алгоритм негізінен жергілікті іздеумен жаһандық іздеуді білдіретін Мета-эвристикалық алгоритмдерді будандастыру арқылы қалыптасады [6]. Меметикалық алгоритм генетикалық алгоритмге ұқсас, тек хромосоманы құрайтын компоненттер гендер емес, Мемдер деп аталады. Сол сияқты Мета-эвристикалық алгоритмдерді жіктеудің қарама-қарсы әдісі бар. Бұл көзқарас Мета-эвристиканы талап етілген талаптарға сәйкес қарастырылатын қатаң және жұмсақ шектеулерге негізделген үш санатқа бөледі [7]:

- Бір сатылы оңтайландыру алгоритмдері: мұнда қатаң және жұмсақ шектеулер бір уақытта орындалады.
- Екі сатылы оңтайландыру алгоритмдері: мұнда жұмсақ шектеулерді орындау тек орындалатын мерзімге жеткенде орындалады.
- Релаксацияға мүмкіндік беретін Алгоритмдер: мұнда қатаң шектеулерді бұзуға тапсырмалардың кейбір басқа ерекшеліктерін әлсірету арқылы басынан бастап тыйым салынады, содан кейін жұмсақ шектеулерді қанағаттандыруға тырысады.

2.3. Көптеген мақсаттарға қол жеткізуге негізделген тәсілдер

Көп мақсатты оңтайландыру (MOP) міндеті – бір уақытта екі немесе одан да көп қарама-қайшы мақсаттарды оңтайландыру процесі. Университет кестесін құру кезінде кейде бір уақытта бірнеше шектеулерді шешу қажет. Бұл жағдайда моп-ең жақсы таңдау. Мысалы, емтихан кестесін құру кезінде кейде студенттер емтихандарды мүмкіндігінше көп рет аралықпен тапсыра алады, бірақ сонымен бірге кестенің ұзақтығын қысқартады және орындардың саны және емтихандардың қайталанбауы сияқты күрделі шектеулерді сақтайды. Алайда, соңғы зерттеулер университеттерде, сондай-ақ басқа қосымшаларда [8] көп мақсатты оңтайландыру алгоритмдерін қолдану арқылы сәтті жүргізілді.

3. Гибрид әдістері

Гибридті алгоритм – бұл олардың интеграциясынан тиімді синергетикалық әсер алу үшін бірлесіп орындалатын кем дегенде екі қосымша алгоритмдердің тіркесімі. Жалпы, тиімді және функционалды гибридті тәсілді енгізу қиын міндет болып табылады [9]. Будандастыру әдісі сенімді гибридті алгоритмді құруда, әрбір біріктірілген алгоритмнің ерекшеліктерін біріктіруде және сонымен бірге кез келген елеулі кемшіліктерді азайтуда маңызды рөл атқарады [7]. Жалғыз және популяциялық әдістер арасындағы будандастыру барлау аймағындағы әлеуетті перспективалық аймақтарды жариялауға жеткілікті қабілеті бар популяциялық әдістерге артықшылық беру ерекшеліктерін және перспективалы аймақтарды пайдалануға жеткілікті қабілеті бар бір адамға негізделген әдістерді пайдалануға бағытталған [7].

Талдау мен нәтижелер

Мета-эвристика – бұл шектеулер мен мақсаттар жиынтығы үшін оңтайлы шешімдерді зерттеуді, сондай-ақ қойылған мәселенің мүмкін немесе балама шешімдерін ұсынуды қамтитын оңтайландыру мәселелерін шешу әдісі. Жалпы, Мета-эвристиканы бір шешімге

негізделген әдістерге және жиынтыққа негізделген әдістерге бөлуге болады. Соңғы онжылдықта Мета-эвристикалық алгоритмдерге қатысты алаңдаушылық күрт өсті. Жарияланымдар мен зерттеулердің көптігіне қарамастан, әртүрлі алгоритмдерді салыстыру үшін өнімділік көрсеткіштері әлі де жетіспейді. Алғашқы нақтыланған және суреттелген Мета-эвристикалық Алгоритмдер олардың ортақтығы мен кең жүзеге асырылуына байланысты таңдалды. 1-кестеде университеттерде жоспарлау тапсырмаларын оңтайландыру үшін қолданылатын алгоритмдердің қолданылу коэффициентінің таралуы көрсетілген. Өнімділік пен эксперимент нәтижелері жедел табысқа қол жеткізді. Атап айтқанда, генетикалық алгоритм басқа әдістермен салыстырғанда үлкен басылымды көрсетті (16%). Соңғы жылдары көптеген зерттеулер гибридті әдістерді енгізуге ұмтылуда, өйткені олардың түпкілікті нәтижелеріндегі өнімділігі, аталған әдістермен салыстырғанда құны 35%-ға жоғары.

Гибрид әдістері	34%
Жергілікті іздеу	5%
Тыйым бойынша іздеу	6%
Имитациялық күйдіру	5%
Генетикалық алгоритмдер	16%
Меметикалық алгоритм	7%
Жасанды ара колониясы	5%
Құмырсқалар колониясын оңтайландыру	9%
Бөлшектер тобын оңтайландыру	5%
Көптеген мақсаттарға негізделген тәсілдер	3%
fish жинақталу алгоритмдері	2%
cuscoo іздеу алгоритмдері	1%
honeu bee жұптасуы	1%
Бат алгоритм	1%

1-кесте – Университеттерде жоспарлау тапсырмаларын оңтайландыру үшін қолданылатын алгоритмдердің қолданылу коэффициенттері

Үйір интеллект (SI) алгоритмдеріне қызығушылық соңғы онжылдықта байқалды. Swarm intelligence алгоритмдері университеттерде кесте құру мәселелерін шешу үшін қолданылған кезде тиімді және сенімді. Swarm intelligence (si) – университетте кесте құру сияқты күрделі мәселелерді шешу үшін қолданылатын есептеу интеллектінің әдістерінің бірі. Үйір интеллект орталықтандырылмаған бақылау және өзін-өзі ұйымдастыру арқылы үйлестірілетін жеке адамдар жиынтығынан (жеке адамдардың бір-бірімен және қоршаған ортамен жергілікті өзара әрекеттесуі) тұратын топтармен (ұжымдық мінез-құлық) айналысады. Тағы бір түсініксіз университет кестесінің мәні әр түрлі swarm intelligence алгоритмдерін бір-біріне сәйкестігін қалай бағалау және тексеру болып табылады, өйткені әр мекемеде нақты мәлімделген мақсатты функциялар мен мәлімделген проблемалық тұжырымдар бар, бұл негізделген салыстыруды жүргізудің қиындығын арттырады. Алгоритмдерді жоғарыдан табу мақсатында салыстыру бұлыңғыр ұғым, өйткені әртүрлі алгоритмдер әртүрлі мақсаттарға жетеді және бұл салыстыру алдында стандартты ресми бағалау мен тестілеу критерийлерін жояды. Жақында гибрид алгоритмдері зерттеушілердің қызығушылығын тудырды, өйткені олар біртұтас әдістемемен жиынтыққа негізделген әдістемені біріктіру артықшылығын пайдалана отырып, оңтайландыру мәселелерін шешуде тиімді және тамаша өнімділікті қамтамасыз етеді. Барлау процесі – бұл келмейтін кеңістіктерді қамту үшін іздеуді кең аумаққа кеңейту мүмкіндігі, ал пайдалану процесі

оңтайлы пайдалану және конвергенция үшін қолайлы шешімдердің әлеуетті перспективалы кеңістіктеріне бағытталған. Осылайша, іздеу процесі оңтайлы шешімге қол жеткізу үшін пайдалану мен барлау арасындағы тепе-теңдікте болуы керек.

Қорытынды

Университеттің сабақ кестесін құру – бұл екі негізгі компоненттен, яғни емтихандар мен курстардың кестесінен тұратын полиномдық емес комбинаторлық оңтайландыру (NP-COP) міндеті. Мұндай міндеттердің негізгі мақсаты-белгілі бір мақсатты оңтайландыру емес, мәселенің барлық шектеулерін қанағаттандыру. Дұрыс есептеулерді орындау үшін ұзақ уақытты қажет етеді, бұл мәселенің көлемінің ұлғаюымен экспоненциалды түрде ұлғаюы мүмкін. Сондықтан мұнда Мета-эвристикалық алгоритмдерді қолдану, сондай-ақ мәселені шешуге көмектесу үшін болашақта шешілуі керек ашық сұрақтар мен есептерді анықтау қарастырылды. Гибрид технологиясы белгілі бір кесте тапсырмасы үшін ең функционалды шешімді анықтау арқылы жоғары өнімділік пен жоғары тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, көп мақсатты эволюциялық алгоритмдер жақсы және сенімді шешімдер бере алады деген қорытынды жасауға болады. Тиімді әдісті таңдау сабақ кестесін құру мәселесін шешудің ең басты қадамы болып табылады.

REFERENCES

1. A. Bashab, A.O. Ibrahim, E.E. Abdelgabar, M.A. Ismail, A. Elsafi, etc., «A systematic mapping study on solving university timetabling problems using meta-heuristic algorithms», *Neural Computing and Applications*, vol.32, no.23, P. 17397–17432. – 2020.
2. J.S. Tan, S.L. Goh, G. Kendall and N.R. Sabar, «A survey of the state-of-the-art of optimization methodologies in school timetabling problems», *Expert Systems with Applications*, vol.165, Article no. 113943, – 2021.
3. M.C. Chen, S.L. Goh, N.R. Sabar and G. Kendall «A survey of university course timetabling problem: perspectives, trends, and opportunities», *IEEE Access*, vol. 9, P. 106515–106529. – 2021.
4. S. Mir Hassani and F. Habibi «Solution approaches to the course timetabling problem» *Artificial Intelligence Review*, vol. 39, no.2, P. 133–149. – 2013.
5. T. Arbaoui, «Modeling and solving university timetabling», PhD. Dissertation, the University of Technology Compienge. – 2014.
6. B.A. Aldeeb, N.M. Norwawi, M.A. Al-Betar and M.Z.B. Jali, «Solving university examination timetabling problem using intelligent water drops algorithm», in *Int. Conf. on Swarm, Evolutionary, and Memetic Computing*, Cham, Springer, P. 187–200. – 2014.
7. C.W. Fong, H. Asmuni, B. McCollum, P. McMullan and S. Omatu «A new hybrid imperialist swarm-based optimization algorithm for university timetabling problems» *Information Sciences*, vol. 283, P. 1–21. – 2014.
8. S. Kristiansen and T.R. Stidsen «A comprehensive study of educational timetabling-A survey», Department of Management Engineering, Technical University of Denmark, DTU Management Engineering Report, no.8, – 2013.
9. T. Muller «Real-life examination timetabling» *Journal of Scheduling*, vol. 19, no.3, P. 257–270. – 2016.
10. K. Kalita, R.K. Ghadai and S. Chakraborty «A comparative study on the metaheuristic-based optimization of skew composite laminates», *Engineering with Computers*, vol.38, P. 3549–3566. – 2022.
11. J. Henry Obit, «Developing novel meta-heuristic, hyper-heuristic and cooperative search for course timetabling problems», PhD Dissertation, University of Nottingham, Nottingham NG8 1BB, UK. – 2010.

12. E.A. Abdelhalim and G.A. El Khayat «A utilization-based genetic algorithm for solving the university timetabling problem» Alexandria Engineering Journal, vol. 55, no.2, P. 1395–1409. – 2016.
13. X.S. Yang «Swarm intelligence based algorithms: A critical analysis», Evolutionary Intelligence, vol.7, no. 1, P. 17–28. – 2014.
14. S.N. Tung, J.B. Jaafar, I.A. Aziz, H.G. Nguyen and A.N. Bui «Genetic algorithm for solving multi-objective optimization in examination timetabling problem», International Journal of Emerging Technologies in Learning, vol.16, no.11, P. 4–24. – 2021.