

ИНФОРМАТИКА COMPUTER SCIENCE

ГТАХР 20.15.05

10.51889/2959-5894.2023.84.4.015

В.А. Лахно¹, М.Б. Береке^{2*}

¹Ұлттық биоресурстар және табиғатты пайдалану университеті, Киев қ., Украина

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

*e-mail: mdbereke@gmail.com

УНИВЕРСИТЕТТІҢ БҰЛТТЫҚ ҚОСЫМШАЛАРЫН МАСШТАБТАУҒА АРНАЛҒАН ШЕШІМДЕРДІ ҚОЛДАУ ЖҮЙЕСІ

Аңдатпа

Университеттің бұлтқа негізделген оқу ортасының (БОО) бұлтты қосымшаларды (БұлҚ) масштабтауға арналған модель және шешім қабылдау алгоритмдері ұсынылған. Модель БОО-ның жүйесінде желілік сұраныстың орындалу уақытын табуға мүмкіндік береді. Модель есептеу ядросында жүзеге асырылды – БОО-ның БұлҚ-ы немесе университеттің цифрлық бұлтқа бағытталған білім беру ортасын (ЦББО) масштабтау қажеттілігі туралы шешімді қолдау жүйесі. Адаптивті шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесінің (ШҚҚЖ) есептеу ядросы университеттің БОО-ның ЦББО-ны масштабтау нұсқаларын талдау үшін бағалау функциясын пайдаланады. Бұл БОО-ның инфрақұрылымын ұстау құнына негізделген БұлҚ-дың тиімділігінің экономикалық бағасын алуға мүмкіндік береді. ЦББО-ның (БОО) жағдайы туралы ақпарат және мақалада ұсынылған ШҚҚЖ-нің алгоритмдері негізінде университеттің ЦББО-ның тиімділігін бағалау және реактивті масштабтау ережелері қалыптасады. Бейімделетін ШҚҚЖ үшін ұсынылған алгоритмдер университеттің ЦББО-ның бұлттық қолданбасын масштабтау бойынша икемді шешім қабылдауға мүмкіндік береді. Бейімделетін ШҚҚЖ Қазақстан мен Украинаның бірқатар университеттерінде сыналды. Тестілеу нәтижелері бойынша ұсынылған шешімдердің тиімділігі туралы қорытынды жасалды.

Түйін сөздер: университеттің цифрлық білім беру ортасы, бұлтты технологиялар, алгоритмдер, өнімділікті бағалау, шешім қабылдау.

В.А. Лахно¹, М.Б. Береке²

¹Национальный университет биоресурсов и природопользования, г. Киев, Украина

²Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО МАСШТАБИРОВАНИЮ ОБЛАЧНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ УНИВЕРСИТЕТА

Аннотация

Представлена модель и алгоритмы принятия решений по масштабированию облачных приложений (ОбПр) облако-ориентированной учебной среды университета (ОУС). Модель позволяет находить время выполнения сетевого запроса в ОУС. Модель были реализованы в вычислительном ядре – системы поддержки принятия решения о необходимости масштабирования ОбПр ОУС или цифровой облачной среды (ЦОС) университета. В вычислительном ядре адаптивной системы поддержки принятия решений (СППР) используется оценочная функция для анализа вариантов масштабирования ОбПр ЦОС университета. Это позволяет получить экономическую оценку эффективности ОбПр, которая основана на стоимости содержания инфраструктуры ОбПр. На основе информации о состоянии ЦОС (ОУС) и предложенных в статье алгоритмов для СППР формируются наборы правил реактивного масштабирования и оценки эффективности ЦОС университета. Предложенные алгоритмы для адаптивной СППР позволяют гибко осуществлять принятие решений о проведении

масштабирования облачного приложения ЦОС университета. Адаптивная СППР апробирована в ряде университетов Казахстана и Украины. По результатам тестирования сделан вывод о работоспособности, предложенных решений.

Ключевые слова: цифровая образовательная среда университета, облачные технологии, алгоритмы, оценка эффективности, принятие решений.

V.A. Lakhno¹, M.B. Bereke²

¹National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SCALING UNIVERSITY CLOUD APPLICATIONS

Abstract

The model and algorithms of decision-making on scaling cloud applications (CIAp) of the cloud-oriented educational environment of the university (CEE) are presented. The model allows you to find the execution time of a network request in the CEE. The model was implemented in the computing core – a decision support system for the need to scale the CEE of the CEE or the digital cloud environment (DCE) of the university. The computational core of the Adaptive Decision Support System (DSS) uses an evaluation function to analyze the scaling options of the DSS of the University's DCE. This makes it possible to obtain an economic assessment of the effectiveness of the CIAp, which is based on the cost of maintaining the infrastructure of the CIAp. Based on the information about the state of the DCE and the algorithms proposed in the article for the DSS, sets of rules for reactive scaling and evaluating the effectiveness of the university's DCE are formed. The proposed algorithms for adaptive DSS allow flexible decision-making on the scaling of the university's DCE cloud application. Adaptive DSS has been tested in a number of universities in Kazakhstan and Ukraine. Based on the test results, a conclusion was made about the operability of the proposed solutions.

Keywords: digital educational environment of the university, cloud technologies, algorithms, performance evaluation, decision making.

Кіріспе

Бұлтты технологиялар мен есептеулерді қолдану жетекші университеттердің күнделікті тәжірибесіне айналды [1, 2]. Бұл серверлік инфрақұрылымды қолдауды айтарлықтай жеңілдетуге, қолданбаларды ашылу және орналасу жылдамдығын арттыруға, сондай-ақ бұлтты қосымшаларды (БҚ) ауыстырылатын шындыры бар олардың жүктеу режимдеріне бейімдеуге мүмкіндік берді. Бұлтты қосымшаны (қолданбаларды) пайдаланудың біркелкі емес қарқындылығы университеттің немесе басқа оқу орнының бұлтты инфрақұрылымының жұмысын қолдау үшін бөлінген есептеу ресурстарын оңтайландыру міндеттерінің өзектілігін анықтайды. Бұл мәселе бұлттық қолданбаларды масштабтау арқылы шешіледі. Бұл процедура университеттің цифрлық білім беру ортасының (ЦББО) бұлтының жай-күйін бағалау негізінде жүзеге асырылады, ол бөлінген есептеу ресурстарының көлемін және қызметтердің жүктемесін, мысалы, үлкен университеттің, икемді түрде бейімдеуге мүмкіндік береді.

Бұл БҚ-ды масштабтау жүйелері негізінен реактивті масштабтауды пайдаланады [3, 4]. Яғни, қолда бар есептеу ресурстарын пайдаланудың белгілі бір шегіне жеткенде есептеу қуатының ұлғаюы немесе төмендеуі жоспарланбайды. Бұл тәсіл жалпы тиімді, бірақ қысқа және жиі жүктеме шындыры жағдайында, мысалы, студенттердің көп санын тестілеу кезінде немесе бұлтта орналасқан қашықтықтан білім беру жүйелеріндегі ең жоғары жүктеме кезеңінде масштабтау процесінің басталуы мен есептеу ресурстарын бөлу арасындағы уақыт аралығындағы БҚ жұмысында (мысалы, Moodle, Classroom және т.б.) проблемалар туындайды. Мұндай кемшілікті болдырмау үшін БҚ-ның жүктеме қарқындылығының болжамына негізделген болжамды масштабтау қолданылады. Мұндай болжамды уақыттық қатарларды болжау әдістерін қолдану арқылы құруға болады, оларды БҚ-ға келетін желілік сұраулардың уақыттық қатарына қолдану. Бұл ретте БҚ-ның жүктемесінің ықтимал шындыры туралы ақпарат болжамының дәлдігін БҚ орналасқан күйге байланысты тиісті әдістермен жақсарту үшін пайдаланылуы мүмкін. Көптеген заманауи жүйелер реактивті ережелерге негізделген тек көлденең масштабтауды қолданады. Көлденең және тік масштабтауды

реактивті ережелерді де, БҚ-дың күйін болжауды да пайдалана отырып біріктіру серверлік инфрақұрылымның ықтимал күйлерінің санын және университеттің бұлтты инфрақұрылымын немесе оның қашықтықтан оқыту жүйесін масштабтау тиімділігін арттырады.

Осылайша, жұмыс жүктемесінің өзгеруіне жауап беру уақытын қысқарту және университеттің ЦББО-ның БҚ-ы жұмыс істеу тиімділігін арттыру мақсатында БҚ-ның жағдайын болжау үлгілерін пайдалана отырып, БҚ-ны масштабтау үшін жаңа үлгілер мен ақпараттық технологияларды әзірлеу міндеті өзекті болып табылады.

Осы мәселе бойынша зерттеулерді талдау көрсеткендей [4-11], БҚ-ға автоматтандырылған масштабтаудың ең кең тараған тәсілдері реактивті масштабтауға және жоспарланған масштабтауға негізделген әдістер, модельдер және технологиялар [1] болып табылады. Алайда, бұл әдістердің кемшілігі университеттің ЦББО-да БҚ қайта іске қосылғанға дейін масштабтаудың мүмкін еместігі және кестенің мүмкін дәлсіздіктері болып табылады. Осылайша, бұл тәсілдер университеттің ЦББО-на арналған БҚ-ның жұмыс істеуі үшін кейбір жағдайларда тиімсіз.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері

Жұмыстың мақсаты – университеттің цифрлық білім беру ортасының бұлтты қосымшаларын масштабтау үшін шешім қабылдауды қолдау жүйесінің есептеуіш ядросының моделі мен алгоритмдерін әзірлеу.

Мақаланың негізгі материалы

Мәселенің тұжырымы. Университеттің ЦББО-да БҚ инфрақұрылымының ағымдағы жағдайы $\langle S, N, P \rangle$ – болсын, онда S – виртуалды машинаның (ВМ) өлшемі, N – бөлінген виртуалды машиналар саны, P – 1 минуттағы ВМ құрамы. Сонымен қатар, X – келесі h минуттардағы желілік сұраулар санының болжамдарының векторы; τ_{sc} – соңғы БҚ-ны масштабтаудан бергі уақыт; G – университеттің ЦББО-ның БҚ-дағы инфрақұрылымдық күй графигі; t_r – жаңа масштабтау орындалмайтын БҚ-ның масштабтаудан кейінгі уақыт кезеңі; C – университеттегі ЦББО-дағы БҚ-ның әртүрлі күйлері үшін орташа желілік сұранысты орындау уақыты туралы ақпарат.

$e = \langle S', \Delta N \rangle$ университеттің ЦББО-дағы БҚ-ның жағдайы туралы деректерге сүйене отырып, масштабтау туралы шешімді қайтаратын алгоритмді құру қажет, онда S' – масштабтаудан кейінгі өлшемі; ΔN – масштабтаудың басталуымен университеттің ЦББО-дағы БҚ-ның инфрақұрылымының жағдайына қатысты ВМ санының артуы.

Реактивті немесе проактивті масштабтау әдістерін қолдану негізінде университеттің ЦББО-дағы БҚ-сың масштабтау үшін шешім қабылдау алгоритмін енгізейік. Реактивті масштабтау – бұл масштабтаудың шұғыл қажеттілігі туындаған кезде орындалатын ережелер жиынтығы. Проактивті масштабтау университеттің ЦББО-дағы БҚ-ның жұмысының болжамы негізінде жүзеге асырылады. Дегенмен, болжам дәл болмауы мүмкін, сондықтан соңғы шешімді таңдаған кезде реактивті масштабтау әдісінің нәтижелеріне басымдық беріледі.

Алгоритмнің нәтижесі масштабтау қажеттілігі туралы шешім болып табылады. Бұл жағдайда масштабтау тік (N мәні өзгереді) немесе көлденең (S мәні өзгереді) болуы мүмкін.

Университеттің ЦББО-дағы БҚ-ды масштабтау нәтижелерін – $e = \langle S', \Delta N \rangle$ жұбымен белгілейік. Оң мәндер жоғары масштабтауға сәйкес келеді, теріс мәндер төмен масштабтауға сәйкес келеді. Алгоритмнің нәтижесі $\langle S, 0 \rangle$ жұп болуы мүмкін, бұл масштабтау қажеттілігінің болмауына сәйкес келеді. Біз мұндай нәтиже бос масштабтау операциясына тең деп есептейміз, яғни $\langle S, 0 \rangle = null$.

Университетінің ЦББО-дағы БҚ-ды масштабтауы бойынша шешім қабылдаудың адаптивті алгоритмінің жұмысы реактивті және проактивті (белсенді) масштабтау әдістерін білдіретін екі алгоритмді пайдалануға негізделген. Бұл алгоритмдердің кіріс деректері негізгі

алгоритмнің кіріс деректерінің ішкі жиындары болып табылады және олардың жұмысының нәтижесі $\langle S', \Delta N \rangle$ масштабтауды орындау шешімі болып табылады.

Алгоритм келесі қадамдардан тұрады:

1-қадам. Жұмыстың басы.

2-қадам. Университеттің ЦББО-дағы БҚ-ның жағдайы туралы ақпаратты енгізу.

3-қадам. Ағымдағы масштабтау e шешіміне реактивті масштабтау алгоритмінің нәтижесін тағайындау.

4-қадам. Егер e бос болса, 5-қадамға өту, әйтпесе 6-қадамға өту.

5-қадам. Ағымдағы масштабтау e шешіміне проактивті масштабтау алгоритмінің нәтижесін тағайындау.

6-қадам. Ағымдағы емасштабтау шешімінің мәнін шығару.

7-қадам. Аяқтау.

Алгоритмнің схемасы 1-суретте көрсетілген.

Университеттегі ЦББО-дағы БҚ-ны масштабтау туралы шешім қабылдаудың классикалық тәсілі реактивті масштабтау әдісін қолдану болып табылады. Бұл әдіс масштабтау орын алатын жады мен процессорды пайдалану шегін анықтауды қамтиды [3]. Бұл масштабтау әдісін статикалық шекті әдіс деп те атайды [4]. Реактивті масштабтау әдісінің ядросы $r \in R$ ережелерінің жиынтығы болып табылады:

$$\text{if } X_r | t > t_b, \text{ кейін} \\ \text{масштабтауды орындау } \langle f_r(S), \Delta N \rangle, t_{br} \leftarrow t + \Delta t,$$

мұндағы t – уақыттың ағымдағы сәті, $t_{br} = \tau_{sc} + \Delta t$ – соңғы масштабтау операциясынан кейін тұрақтандыру кезеңі аяқталатын уақыт сәті, Δt – масштабтаудан кейінгі демалыс кезеңі, бұл уақытта университеттің ЦББО-дағы БҚ-да жаңа масштабтау операцияларын орындамайды. Бұл уақыт кезеңі университеттің бұлттық инфрақұрылымының конфигурациясын өзгерткеннен кейін БҚ жүктеме көрсеткіштерін сақтауды бастау үшін қажет, f_r – функция ағымдағы ВМ өлшеміне негізделген. Бұл функция қажетті ВМ өлшемін қайтарады. Масштабтау шарты (S', X_r) – келесідей болуы мүмкін (Сурет 1).

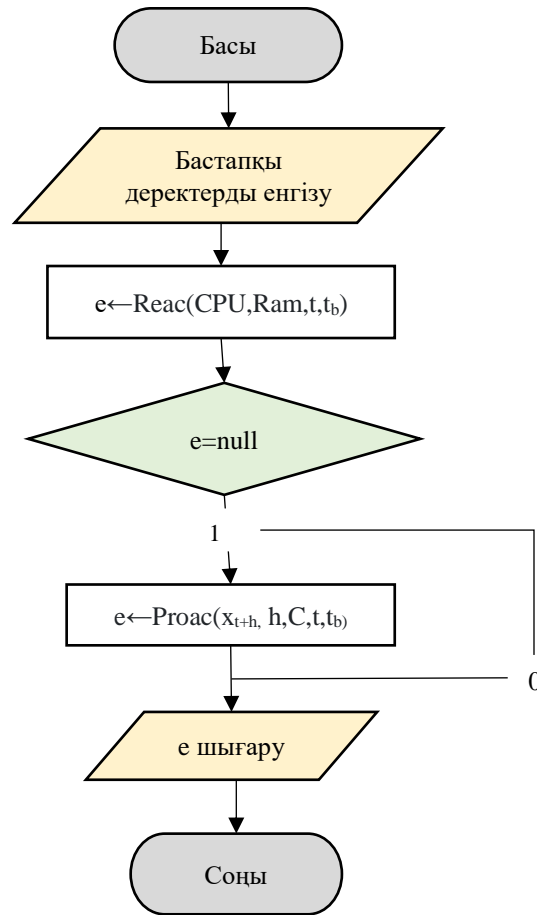
Масштабты жоғарылату және азайту үшін көп жағдайда [3, 4] ережелер жұпта құрылады. Ережелерді құру кезінде бұлтты қосымшаны орналастырудың (хостинг) шектеулерін ескеру қажет: ВМ саны мен өлшемі рұқсат етілген шектерде екеніне көз жеткізу, университеттің ЦББО-дағы БҚ инфрақұрылымының күй графигінде жоқ өтулерді пайдаланбау және т.б. Мұның бәрі X_r ережелерінің шарттарының күрделенуіне әкеледі.

Реактивті масштабтауды орындау кезінде ВМ санының тербеліс мүмкіндігін ескеру қажет. Бұл жағымсыз әсерді болдырмау үшін масштабтау ережелерінің шекті көрсеткіштерді мұқият таңдау керек. Әдіс бір реттік жүктеме шындарына жауап ретінде масштабтау командасын бермеу үшін X_r ережелер жағдайында соңғы бірнеше уақыт қадамдары үшін орташа көрсеткіштер қолданылады. Дәл осы мақсат үшін әдістің кейбір сорттары X_r шарт бірнеше қадаммен дәйекті түрде орындалса ғана масштабтау командасы береді.

Жүйе ресурстарын пайдалану деңгейіне байланысты емес белгілі бір уақытта орындалатын Ережелер жинағына шарттары бар ережелерді қосуға болады. Мұндай ережелер оқиғалар қарсаңында университеттің ЦББО-дағы БҚ жүктемесін арттыратын масштабтауды орындауға мүмкіндік береді. Бұл, мысалы, бағалау кезеңдері және сессия. Шығындарды азайту үшін хостингтің баға саясатын ескере отырып, ережелерге өзгертулер енгізуге болады. Мысалы, уақытқа негізделген есепшотпен университеттің ЦББО-да БҚ масштабын кеңейту операциясынан кейін бір сағат ішінде кішірейту мағынасы жоқ.

Периодты жүктеме шындары бар ЖОО-ның ЦББО-дағы БҚ-ге қатысты реактивті масштабтау әдісін қолданудың негізгі артықшылықтары - әдісті енгізудің қарапайымдылығы,

оның жоғары жылдамдығы және инфрақұрылым туралы қосымша ақпарат жинамай-ақ жұмысты бастау мүмкіндігі болып табылады.



Сурет 1. ЦББО БҚ масштабтау бойынша шешімдер қабылдау алгоритмі

Әдістің шектеулері оның атауында көрсетілген реактивті табиғатты қамтиды. Масштабтау командасы ресурстардың жетіспеушілігі анықталған кезде ғана беруге болады, ал жаңа ресурстар бөлінген кезде бұлтты қолданбаның жұмысы қалыпты емес режимде орын алуы мүмкін. Сондай-ақ, күрделі процедура - бұл (r) ережелерде шекті мәндерді орнату, сондай-ақ $\langle S', \Delta N \rangle$ масштабтау әрекетін таңдау. Комбинациялардың көп болуына байланысты оңтайлы шешімді таңдау тривиальды емес тапсырма екенін ескеру керек.

Белгілі бір инфрақұрылымда университеттің ЦББО-дағы БҚ жұмысы туралы қосымша білімсіз әдісті қолдану мүмкіндігі сипатталған әдісті неғұрлым күрделі масштабтау әдістерінің резерві ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Жеке ресурстарды пайдалана отырып, масштабтау туралы шешім қабылдау мүмкін болмаса, реактивті масштабтау әдісінің нәтижелерін пайдалануға болады.

Университеттің ЦББО-дағы бұлтты қолданбасының инфрақұрылымының күй графигінен $\langle S_i, N_i, P_i \rangle$ күйі болған жағдайда, $d(i)$ масштабтау опциялары бар, мұндағы d – функция граф шыңының дәрежесін қайтарады. Бқтималь масштабтау опцияларының жиынын E_i деп белгілейміз. Оңтайлы масштабтау опциясын таңдау үшін $G(e), e \in E_i$ бағалау функциясының мәнін келесідей есептейміз:

$$G(e) = Pl_{inf} \quad (1)$$

P_{inf} келесі t_r минуттарда университеттің ЦББО БҚ инфрақұрылымын ұстау құны, P_l – бір пайдаланушыны жоғалту құны, k – келесі t_r кезеңдерде бұлтты қолданбаның шамадан тыс жүктелуіне байланысты жоғалған пайдаланушылар саны, e – университеттің ЦББО-дағы БҚ инфрақұрылымының күй графының доғасы - $(\langle S_i, N_i, P_i \rangle, \langle S_j, N_j, P_j \rangle, t_{ij})$.

ЖОО-ның ЦББО-дағы БҚ инфрақұрылымын ұстау құны - масштабтау аяқталғанға дейін және оның аяқталғаннан кейінгі қызмет көрсету құнының сомасы ретінде айқындалады. Шарттардың әрқайсысы $t_r - t_{ij}$ және t_{ij} минуттар саны үшін P бір минутқа тарифтің мәні ретінде есептеледі:

$$Pj_{ij}(t_r - t_{ij})_{inf} \quad (2)$$

Университеттің ЦББО-дағы БҚ жүктемесінің шамадан тыс жүктелуіне байланысты жоғалған пайдаланушылар саны келесідей есептеледі:

$$k = \sum_{t=1}^{t_r} v_t \cdot q_l(t), \quad (3)$$

мұндағы $v_t - (t; t + 1)$ уақыт кезеңіндегі университеттің ЦББО-дағы БҚ пайдаланушыларының саны, $q_l(t)$ – пайдаланушының ЦББО-дағы БҚ пайдалануын тоқтату ықтималдығы. (2) және (3) өрнектерді (1) орнына қойып, бағалау функциясын есептеу үшін егжей-тегжейлі өрнек аламыз.

$$G(e) = P_j \cdot t_{ij} + P_j \cdot (t_r - t_{ij}) + P_l \cdot \sum_{t=1}^{t_r} v \cdot q_l(t). \quad (4)$$

Пайдаланушыны жоғалту ықтималдығын анықтау үшін q_l пайдаланушыны жоғалту ықтималдығының $F(\tau)$ желілік сұранысты орындауға кететін уақытқа тәуелділігін білдіретін ықтималдықты бөлу функциясын қолданамыз. Университеттің ЦББО -дағы БҚ жауабын күту кезінде пайдаланушыны жоғалту ықтималдығы уақыт өткен сайын артады. Зерттеулер [4–6] пайдаланушылар саны $\tau > 2$ sec төмендей бастайтынын көрсетеді.

ЦББО-дағы БҚ бір желілік сұранысының орындалу уақытына сәйкес келетін кездейсоқ шаманы R деп белгілейік. R статистикалық сипаттамалар белгілі бір уақыттағы БҚ-ның жұмыс жүктемесіне және БҚ инфрақұрылымының күйіне байланысты болады. $M(R)$ желі сұранысының орындалу уақытының математикалық күтуі арқылы пайдаланушыны жоғалту ықтималдығын анықтайық.

$$q_l(t) = F(M(R_{j,\tau})). \quad (5)$$

Бұл жағдайда $t_{ij} \leq h$ және (5) ескере отырып, (3) өрнек келесі түрде ұсынылуы мүмкін:

$$k = \sum_{t=1}^{t_{ij}} v_t \cdot F(M(R_{j,\tau})) + \sum_{t=t_{ij}+1}^h v_t \cdot F(M(R_{j,\tau})) + \sum_{t=h+1}^{t_r} v_t \cdot F(M(R_{j,\tau})). \quad (6)$$

Желілік сұраулар санының болжамы h қадам алға жасалғанын ескере отырып, $[h; t_r)$ уақыт аралығы үшін v_t және R мәндерін анықтау қажет. Біз осы уақыт аралығы үшін h уақыт моменті үшін болжамды қолданамыз, содан кейін (6) тармағының соңғы мүшесінің туындысы ұсынылуы мүмкін:

$$k = \sum_{t=1}^{t_{ij}} v_t \cdot F(M(R_{j,\tau})) + \sum_{t=t_{ij}+1}^h v_t \cdot F(M(R_{j,\tau})) + (t_r - h) \cdot v_h \cdot F(M(R_{j,\tau})) \quad (7)$$

Осылайша, (4) өрнекті (7) қатынас арқылы егжей-тегжейлі көрсетуге болады:

$$G(e)|_{t_{ij} \leq h} = P_j \cdot t_{ij} + P_j \cdot (t_r - t_{ij}) + P_l \cdot \left(\sum_{t=1}^{t_{ij}} v_t \cdot F(M(R_{j,\tau})) + \sum_{t=t_{ij}+1}^h v_t \cdot F(M(R_{j,\tau})) + (t_r - h) \cdot v_h \cdot F(M(R_{j,\tau})) \right) \quad (8)$$

$t_{ij} > h$ ұқсас түрлендірулер келесі нәтижелерге әкелетін жағдайда:

$$k = \sum_{t=1}^h v_t \cdot F(M(R_{j,\tau})) + (t_{ij} - h) \cdot v_h \cdot F(M(R_{j,\tau})) + (t_r - t_{ij}) \cdot v_h \cdot F(M(R_{j,\tau})) \quad (9)$$

$$G(e)|_{t_{ij} > h} = P_j \cdot t_{ij} + P_j \cdot (t_r - t_{ij}) + P_l \cdot \left(\sum_{t=1}^h v_t \cdot F(M(R_{j,\tau})) + (t_{ij} - h) \cdot v_h \cdot F(M(R_{j,h})) + (t_r - t_{ij}) \cdot v_h \cdot F(M(R_{j,h})) \right) \quad (10)$$

Осылайша, университеттің ЦББО-дағы БҚ-ны пайдаланушылар санының болжамы және орташа желілік сұраныстың орындалу уақыты негізінде, t уақытында $e \in E_i$ БҚ-ны масштабтаудың барлық мүмкін тәсілдері үшін бағалау функциясының мәнін есептеуге болады. Таңдалған масштабтау опциясы ретінде бағалаушының ең кіші мәні бар масштабтау әдісі пайдаланылады.

Шешім қабылдау жүйелеріндегі масштабтау ережесінің жазбасы келесідей болады:

$$\begin{aligned} & \text{if } t > t_b \text{ кейін} \\ & \text{масштабтауды орындау } e | G(e_{min}) \min G(e) |_{min} \\ & \text{if } e'_{i b_{min_{min}}} \end{aligned} \quad (11)$$

мұндағы t – ағымдағы уақыт нүктесі, t_b – соңғы масштабтау операциясынан кейін тұрақтандыру кезеңі аяқталатын уақыт нүктесі, Δt – университеттің ЦББО-дағы БҚ-ны масштабтаудан кейінгі демалыс уақыты, оның барысында жаңа масштабтау операциялары орындалмайды.

Университеттің ЦББО-дағы БҚ масштабтау тиімділігін бағалау функциясының мәнін анықтау үшін минутына БҚ-ны пайдаланушылар саны және желілік сұранысты орындаудың орташа уақыты туралы ақпарат болуы қажет. ШҚҚЖ есептеуіш ядросының көмегімен біз желілік сұраныстар санының болжамы және ЦББО-дағы БҚ университеттің жұмысы туралы статистикалық ақпарат негізінде осы мәндердің болжамын құрастырамыз [11, 12].

Желілік сұраулар санының пайдаланушылар саны көп бірегей пайдаланушылар санына қатынасы белгілі бір БҚ үшін тұрақты мән болып табылады [7,8]. Сондықтан v_t пайдаланушылар санының болжамын келесідей есептеуге болады [13]:

$$v_t = x_t \cdot \psi_u, \quad (12)$$

мұндағы x_t – белгілі бір t уақыт аралығындағы желілік сұраулар санының болжамы, ψ_u – белгілі бір БҚ үшін уақыт бірлігіне бір пайдаланушының сұрауларының жиілігін көрсететін коэффициент. ψ_u коэффициентінің мәні университеттің ЦББО-дағы БҚ жұмысы кезінде бірегей пайдаланушылар саны мен желілік сұраныстардың саны туралы статистикалық мәліметтерді мерзімді түрде жинау арқылы анықталады. Уақыт бірлігіне желілік сұраныстардың санына негізделген желілік сұраныстың орындалу уақытын болжау үшін

бөлінген есептеу қуаты туралы ақпарат болуы қажет. Мұндай ақпарат $\langle S, N, P \rangle$ университетінің ЦББО-дағы БҚ инфрақұрылымының сипаттамасында, атап айтқанда ВМ-ның өлшемдері S және олардың саны N қамтылған. x, S және N айнымалы мәндерінің мүмкін комбинацияларын бұлтты қолданбаның күй гиперкубын қолданып көрсетейік [9, 10, 14]. Мұндай гиперкубтың өлшемдерінің саны үш, ұяшықтар жиымды сақтайды және оның әрбір элементі жеке желілік сұраудың орындалу уақытын көрсетеді. Ұяшықта сонымен қатар массив элементтерінің орташа мәні сақталады. Бұл ұсыну есептеулерді жылдамдатады. Гиперкуб ұяшықтарының санын азайту және болжауды жеңілдету үшін [9,11,13,14], оның мәндерінің диапазонын 3-10 сегментке бөліп, хайнымалыны дискреттеу қажет.

Желі сұрауының орташа уақытында деректерді сақтау үшін гиперкубты пайдаланудың артықшылығы - бұл БҚ-ның күйін сипаттайтын ұяшықта ақпарат болмаған жағдайда көрші ұяшықтардан ақпаратты пайдалануға мүмкіндік беретін мәліметтерді ретке келтіру мүмкіндігі.

Гиперкуб өлшемдерінің бірінің бойымен жылжу кезінде желілік сұранысты орындау уақытының өсуі сызықты түрде өзгереді жағдайда, ШҚҚЖ-ге желілік сұраныстың орындалу уақытын анықтау алгоритмін енгізуге болады. Бұл алгоритм сызықтық интерполяция көмегімен гиперкубтың бос ұяшықтары туралы ақпаратты толықтыруға мүмкіндік береді.

1-қадам. Жұмысты бастау.

2-қадам. БҚ (k_S, k_N, k_x) күйлерінің гиперкубының өлшемі, оның ұяшықтарының мәндерінің жиыны (C) және мақсатты күй (iS, iN, ix) , сондай-ақ z іздеу тереңдігі туралы ақпаратты енгізу.

3-қадам. Егер $(C_{iS, iN, ix})$ мәні болса, 4-қадамға өту, әйтпесе 5-қадамға өту.

4-қадам. $(C_{iS, iN, ix})$ шығару, 13-қадамға өту.

5-қадам. 1-ден z аралығындағы j үшін 6 - 11-қадамдарды орындау.

6-қадам. Егер $(C_{iS-j, iN, ix})$ бар болса және мәні болса және $(C_{iS+j, iN, ix})$ бар және мәні болса, 7-қадамға өту, әйтпесе 8-қадамға өту.

7-қадам. $[(C_{iS-j, iN, ix} + C_{iS+j, iN, ix})/2]$ шығару, 13-қадамға өту.

8-қадам. Егер $(C_{iS, iN-j, ix})$ бар болса және мәні болса және $(C_{iS, iN+j, ix})$ бар және мәні болса, 9-қадамға өту, әйтпесе 10-қадамға өту.

9-қадам. $[(C_{iS, iN-j, ix} + C_{iS, iN+j, ix})/2]$ шығару, 13-қадамға өту.

10-қадам. Егер $(C_{iS, iN, ix-j})$ бар болса және мәні болса және $(C_{iS, iN, ix+j})$ бар және мәні болса, 11-қадамға өту, әйтпесе 5-қадамға өту.

11-қадам. $[(C_{iS, iN, ix-j} + C_{iS, iN, ix+j})/2]$ шығару, 13-қадамға өту.

12-қадам. Анықталмаған нәтижені көрсету.

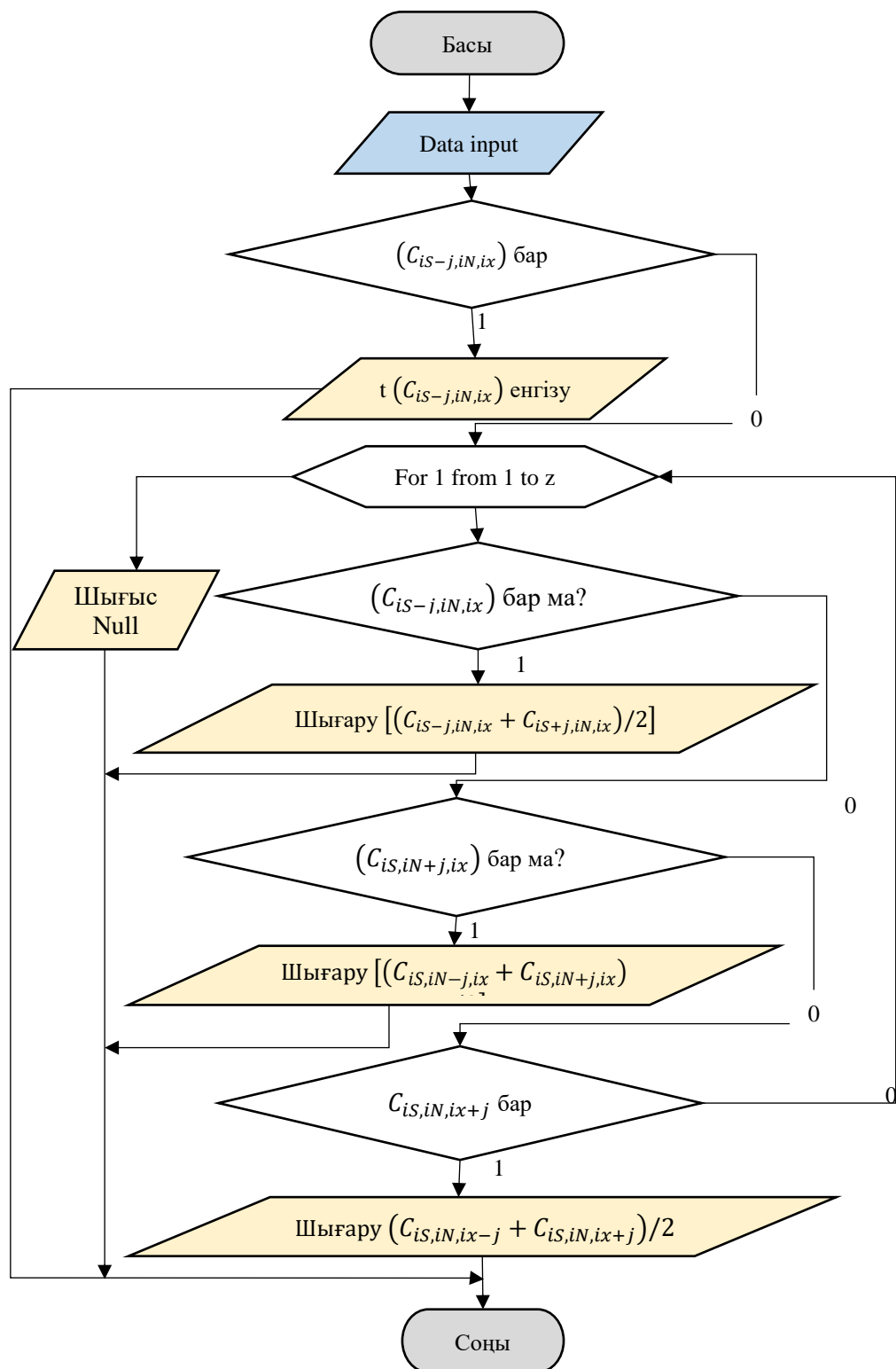
13-қадам. Аяқтау.

Желілік сұраныстың орындалу уақытын анықтау алгоритмінің схемасы 2-суретте көрсетілген. z айнымалысын енгізу арқылы алгоритм мәндері белгісіз гиперкуб ұяшықтарына негізделген болжам жасауға мүмкіндік береді.

Университеттің ЦББО-дағы БҚ-ды масштабтауды мақалада сипатталған модель және шешім қабылдау алгоритмдері, сондай-ақ университеттегі ЦББО-дағы БҚ-ны масштабтау қажеттілігі туралы шешімдерді қолдау жүйесі - желілік сұраныстың орындалу уақытын анықтау бағдарламалық өнімде жүзеге асырылды.

Бейімделетін ШҚҚЖ есептеуіш ядросында университеттің ЦББО-дағы БҚ-ны масштабтау нұсқаларын талдау үшін бағалау функциясы пайдаланылады. Бұл БҚ инфрақұрылымын ұстауға жұмсалатын шығындарға негізделген БҚ тиімділігінің экономикалық бағасын алуға мүмкіндік береді. Бейімделетін ШҚҚЖ Қазақстанның (Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті (ҚазҰПУ), Есенов университеті) және Украинаның (Украинаның Ұлттық биоресурстар және табиғатты пайдалану университеті) бірқатар университеттерінде сынақтан өтті. ШҚҚЖ тестілеу көрсеткендей, оны пайдалану университеттің цифрлық білім

беру ортасының бұлтты қосымшаларын масштабтау қажеттілігі туралы болжамдардың дәлдігін 12-15% арттыруға мүмкіндік береді.



Сурет 2. ЖОО-ның ЦББО-дағы БҚ-де желілік сұраныстың орындалу уақытын анықтау алгоритмі

Қорытынды

Осылайша, университеттің цифрлық білім беру ортасының (ЦББО) бұлтты қолданбасының жай-күйі туралы ақпарат негізінде реактивті масштабтау ережелері мен өнімділікті бағалау жиынтығына негізделген алгоритм жасалды. Ұсынылған алгоритм университеттің университеттің цифрлық білім беру ортасының бұлтты қосымшасын масштабтау бойынша шешім қабылдауға мүмкіндік береді. Тиімділіктің экономикалық бағасын алуға мүмкіндік беретін масштабтау нұсқаларын талдау үшін бағалау функциясының моделі әзірленді. Бұл бағалау бұлтты қолданбаның инфрақұрылымын ұстау құнына, сондай-ақ оның кептелуіне байланысты бұлтты қолданбаны пайдалануға мәжбүр болған пайдаланушылар санын бағалауға негізделген. Әзірленген алгоритм тек университеттер үшін ғана емес, сонымен қатар басқа ақпараттандыру объектілері үшін де бұлтты қосымшаларды масштабтау үшін шешімдер қабылдауды қолдаудың адаптивті жүйесі үшін интегралды ақпараттық технология ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Зерттеу ИРН АР19678846 «Цифрлық трансформация жағдайында жоғары оқу орындарының инфрақұрылымын дамыту негізінде оқу процесін ұйымдастырудың гибриді және қашықтықтан нысандарының тиімділігін арттыру» жобасы бойынша гранттық қаржыландыру шеңберінде жүзеге асырылды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

- 1 Yang, S., Huang, Y. (2017) *Teaching Application of Computer Multimedia Cloud Sharing Technology in Hand-painted Performance Course in Colleges and Universities. In International Conference on Education Innovation and Social Science (ICEISS). Atlantis Press.*
- 2 Liu, S., Zeng, W., Li, Y. (2016) *Study on the Preliminary Construction of the Cloud of Mental Health Education in Chinese Colleges and Universities. In 2016 International Conference on Public Management. Atlantis Press.*
- 3 Lorido-Botran, T. *Auto-scaling techniques for elastic applications in cloud. Department of Computer Architecture and Technology, University of Basque Country, Tech. Rep. – EHU-KAT-1K-09, № 12.*
- 4 *RightScale Cloud Management. <http://www.rightscale.com/>.*
- 5 *How a Slow Website Impacts Your Visitors and Sales. <http://www.peer1.com/knowledgebase/how-slow-website-impacts-your-visitors-and-sales>.*
- 6 Nah, F.F.H. (2004) *A study on tolerable waiting time: how long are Web users willing to wait? Behaviour & Information Technology, 23(3), pp. 153-163.*
- 7 *How Loading Time Affects Your Bottom Line , <https://blog.kissmetrics.com/loading-time/>.*
- 8 Menasce, D. (2002) *Load testing of web sites. Internet Computing, 6(4), pp. 70-74.*
- 9 Tamimi, A. A., Dawood, R., Sadaqa, L. (2019) *Disaster Recovery Techniques in Cloud Computing. In 2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT), pp. 845-850.*
- 10 Duncan, B., Happe, A., Bratterud, A., Sen, J. (2017) *Cloud Cyber Security: Finding an Effective Approach with Unikernels. Security in Computing and Communications; IntechOpen: London, UK, 31.*
- 11 Akinsanya, O. O., Papadaki, M., Sun, L. (2019) *Current Cybersecurity Maturity Models: How Effective in Healthcare Cloud. In CERC, pp. 211–222.*
- 12 Srinivasan, S., Raja, K. (2018) *An Advanced Dynamic Authentic Security Method for Cloud Computing. In Cyber Security, Springer, Singapore, pp. 143–152.*
- 13 MacLennan, J., Tang H., Crivat B. (2008) *Data Mining with Microsoft SQL Server, 672 pages. – ISBN: 978-0-470-27774-4.*
- 14 Савчук Т. О., Козачук А. В. (2014) *Визначення достаточності використання багатовимірного підходу до прогнозування стану тэногенно. Вимирювална та обчислювална тэника в тэнологичних процесях, Хмельницький, 2(47), pp 179-182), pp 179-182.*

Reference:

- 1 Yang, S., Huang, Y. (2017) *Teaching Application of Computer Multimedia Cloud Sharing Technology in Hand-painted Performance Course in Colleges and Universities. In International Conference on Education Innovation and Social Science (ICEISS). Atlantis Press.*
- 2 Liu, S., Zeng, W., Li, Y. (2016) *Study on the Preliminary Construction of the Cloud of Mental Health Education in Chinese Colleges and Universities. In 2016 International Conference on Public Management. Atlantis Press.*
- 3 Lorido-Botran, T. *Auto-scaling techniques for elastic applications in cloud. Department of Computer Architecture and Technology, University of Basque Country, Tech. Rep. – EHU-KAT-IK-09, № 12.*
- 4 RightScale Cloud Management. <http://www.rightscale.com/>.
- 5 *How a Slow Website Impacts Your Visitors and Sales.* <http://www.peer1.com/knowledgebase/how-slow-website-impacts-your-visitors-and-sales>.
- 6 Nah, F.F.H. (2004) *A study on tolerable waiting time: how long are Web users willing to wait? Behaviour & Information Technology, 23(3), pp. 153-163.*
- 7 *How Loading Time Affects Your Bottom Line,* <https://blog.kissmetrics.com/loading-time/>.
- 8 Menasce, D. (2002) *Load testing of web sites. Internet Computing, 6(4), pp. 70-74.*
- 9 Tamimi, A. A., Dawood, R., Sadaqa, L. (2019) *Disaster Recovery Techniques in Cloud Computing. In 2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT), pp. 845-850.*
- 10 Duncan, B., Happe, A., Bratterud, A., Sen, J. (2017) *Cloud Cyber Security: Finding an Effective Approach with Unikernels. Security in Computing and Communications; IntechOpen: London, UK, 31.*
- 11 Akinsanya, O. O., Papadaki, M., Sun, L. (2019) *Current Cybersecurity Maturity Models: How Effective in Healthcare Cloud. In CERC, pp. 211–222.*
- 12 Srinivasan, S., Raja, K. (2018) *An Advanced Dynamic Authentic Security Method for Cloud Computing. In Cyber Security, Springer, Singapore, pp. 143–152.*
- 13 MacLennan, J., Tang H., Crivat B. (2008) *Data Mining with Microsoft SQL Server, 672 pages. – ISBN: 978-0-470-27774-4.*
- 14 Savchuk T. O., Kozachuk A. V. (2014) *Viznachennya dotsilnosti vikoristannya bagatovimirnogo pidhodu do prognovannya stanu tehnogenno. Vimiryuvalna ta obchislyuvalna tehnika v tehnologichnih protsesah, Hmelniyskiy, 2(47), pp 179-182. (in Ukrainian)*