

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
İNFORMASIYA TEXNOLOGİYALARI İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

MEHRDAD MİRCƏLAL HAŞEMİ

QAZ-LİFT PROSESİNDƏ OPTİMAL HƏLLƏRİN QURULMASI
ÜÇÜN PARALEL ALQORİTMLƏRİN İŞLƏNMƏSİ

3338.01 – Sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI – 2015

İş Bakı Dövlət Universiteti Tətbiqi Riyaziyyat və Kibernetika fakültəsinin
İnformasiya Texnologiyaları və Proqramlaşdırma kafedrasında yerinə
yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

AMEA-nın həqiqi üzvü,

Fizika riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor

F.Ə.ƏLİYEV

Riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru

N.A.İSMAYİLOV

Rəsmi opponetlər:

Texnika elmləri doktoru, professor

M.A.ƏHMƏDOV

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru

T.K.ƏSGƏROV

Aparıcı təşkilat:

AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutu

Dissertasiyanın müdafiəsi 29 May 2015-ci il, saat 14⁰⁰-da AMEA
İnformasiya Texnologiyaları İnstitutunun nəzdindəki FD.01.231
Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az1114, Bakı şəhəri, B. Vahabzadə küçəsi, 9.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası İnformasiya
Texnologiyaları İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat 21 Aprel 2015-ci il tarixində göndərilmişdir.

FD.01.231 Dissertasiya Şurasının

elmi katibi, texnika üzrə fəlsəfə doktoru

R.H.ŞIXƏLİYEV

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

İşin aktuallığı. Elmin inkişafı hər bir sahədə olduğu kimi informasiya texnologiyalarında da, xüsusi ilə yeni kompüterlərin istehsal olunması sahəsində də hər zaman dayanmadan yeniliklər və innovasiyaları dünyaya təqdim edir. Elektronika və hesablama texnologiyası nöqteyi nəzərdən isə hər gün yeni ixtiralar ərsəyə gəlməkdədir. Yaradılıb istifadəyə verilən bu texnologiyaların əsas məqsədi maşın vasitəsi ilə aparılan hər növ emalətmə və hesablama işlərinin daha sürətli, səmərəli və dəqiqliklə yerinə yetirilməsinin təmin edilməsindən ibarətdir. İnkişaf etdirilmiş kompüter texnologiyalarının çox prosessorlu sistemləri, yeni yüksək performanslı hesablama cihazları artıq dünyaya təqdim edilmişdir. Çox prosessorlu kompüter sistemləri və çox mikroprosessordan ibarət olan fiziki prosessorlar yalnız kompüterlərdə deyil, həm də mobil telefonlarda da artıq istifadə olunur. Bu növ sistemlər hesablama qabiliyyətinin artırılması məqsədi ilə eyni zamanda bir neçə prosessordan faydalanır. Burada əsas məsələ istifadə edilən prosessorların bir-biri ilə əlaqəsini təmin etməkdən ibarətdir.

Hal-hazırda sənayenin müxtəlif sahələrində, iqtisadiyyatda, idarəçilikdə, fizikada, kimyada, müxtəlif məqsədli simulyasiyalarda, hava proqnozlarında, astronomiyada, hərbi sənayedə, biologiyada, neftçixarma sənayesində, bir-birindən fərqli modelləşdirmə məsələlərində və ümumiyyətlə hesablama əməliyyatlarına aid olunan hər bir elmi sahədə riyazi üsullardan istifadə edilir. Ancaq, qeyd edilən hesablama işlərində bəzən güclü və müasir fərdi kompüterlər də kifayət qədər səmərəli olurlar. Bunun üçün daha yüksək texnologiyalardan istifadə etmək lazım gəlir. Həmin texnologiyalardan biri paralel hesablama texnologiyasından ibarətdir. Son 10 ildə bir çox tətbiqi məsələnin hesablama işlərini paralelliklə yerinə yerinə yetirmək üçün paralel alqoritmlər yaradılmışdır və onların icrası üçün çox prosessorlu kompüterlərdən istifadə edilmişdir. Yüksək dəqiqlik tələb edən məsələlərin həllində bir prosessorlu kompüterlər kifayət qədər səmərəli olmadıqları üçün böyük ölçülü məsələlərin, uzun icra müddəti və böyük yaddaş tutumu tələb edən məsələlərdə həllində paralel üsulların tətbiqi əlverişli variant hesab edilir. Digər tərəfdən konkret tətbiqi məsələlərdə real vaxt anında müəyyən cavaba nail olmaq və yaxud müəyyən reaksiyanın verilməsi tələb olunur ki, burada məsələnin həlli üçün hazırlanan alqoritmın icra sürətinin yüksəkliyi vacib rola malik olur. Paralel üsulların tətbiq edilməsi nəticəsində sistemin

emaletmə sürəti prosessorların sayı ilə uyğun olaraq artırılır. Lakin, burada prosessorların yaddaşa olan müraciətləri, onların bir-biri ilə əlaqədə olmaları və sinxronlaşdırılmaları da təmin edilməlidir. Məhz bu səbəbdən "n" sayda prosessordan istifadə etməklə proqramın icra sürəti mütləq "n" dəfə artırılır.

Müəyyən tətbiqi və hesablama məsələlərin xarakteristikalarından asılı olaraq onların həlli üçün müxtəlif üsullar vasitəsi ilə paralel alqoritmlər hazırlamaq olar və həmin alqoritmlər yenə məsələlərin xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq çox prosessorlu kompüterlərin müxtəlif növ arxitekturları üzərində icra edib qiymətləndirmək olar. Diqqət yetirmək lazımdır ki, çox prosessorlu sistemlərdən istifadə etmək hər bir məsələ üçün əlverişli sayılmır. Çünki, nəzərdə tutulan məsələ zəif xarakterli hissəyə malik ola bilər və onun paralelləşdirilməsi ilə heç bir üstünlük əldə edilməyə də bilər. Başqa sözlə, paralel həll üsulları istənilən məsələ üzərində tətbiq edilə bilməz. Ancaq, bütün bunlara baxmayaraq, paralel hesablama texnologiyalarından faydalanmaq tətbiqi və hesablama məsələlərinin həllində aktual bir vasitəyə çevrilmişdir. Dissertasiya işində paralel üsullarla həll olunması nəzərdə tutulan məsələ də neftçixarma sənayesinə aid olduğundan mövzunun aktuallığını bir qədər də artırır. Dünyada neft və ümumiyyətlə neftçixarma sənayesinə aid olan hər bir məsələ və həmin məsələlərə elmi nöqtəyi nəzərdən yanaşmaq xüsusi əhəmiyyətə malikdir. İşin neftçixarma sənayesində fontan üsulu ilə istismarından sonra iqtisadi nöqtəyi nəzərdən ən sərfəli metodlardan biri olan qaz-lift prosesinə və tətbiqi riyaziyyat baxımından optimal idarəetmə məsələsinə aid olması və həmin məsələnin həlli üçün paralel həll üsullarının və nəhayətdə çox prosessorlu kompüter texnologiyalarından istifadə edilməsini nəzərə alaraq qeyd etmək olar ki, iş kifayət qədər aktual bir məsələyə həsr edilmişdir.

İşin məqsədi. Dissertasiya işinin məqsədi neftçixarma sənayesində iqtisadi nöqtəyi nəzərdən ən sərfəli metod hesab edilən qaz-lift prosesində optimal rejimin müəyyənləşdirilməsi üçün paralel metod və alqoritmlərin işlənməsindən ibarətdir.

Qarşıya qoyulan məsələlər: Dissertasiya işində nəzərdə tutulan məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlər qarşıya qoyulmuşdur:

- Hesablama prosesində paralel hesablamadan istifadə etməklə kvadratik mürəkkəbliyin xətti mürəkkəbliyə çevrilməsi;
- Qaz-lift prosesində hərəkəti təsvir edən tənliklərin həllərinin tapılması üçün paralel alqoritmin işlənməsi;
- Təklif olunmuş paralel alqoritmlərin köməyi ilə yaradılan interfeysdə optimal rejimin təyin olunması;
- İşdə təklif olunan paralel alqoritm əsasında alınmış model nəticələrin adekvatlığının yoxlanılması.

Tədqiqat obyektı. Qaz-lift prosesi üçün qurulmuş riyazi model əsasında alınan tənliklərin paralel hesablama texnologiyalar vasitəsi ilə həll olunması və onun sayəsində optimal rejimin qısa bir vaxt müddətində tapılmasıdır.

Tədqiqat metodları. Dissertasiya işinin hazırlanmasında və qoyulmuş məsələlərin həll edilməsində diferensial tənliklərin ədədi üsullarla həll olunma nəzəriyyəsi, optimal idarəetmə nəzəriyyəsi, informasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma mexanizmlərindən, böyük həcmli informasiyanın emalı vasitələrindən, riyazi modelləşdirməsi və sistemli analizin riyazi məsələlərindən istifadə edilmişdir.

İşin elmi yenilikləri. Təqdim olunan dissertasiya işi aşağıdakı elmi yeniliklərdən ibarətdir:

- Paralel hesablamalardan istifadə etməklə klassik mürəkkəb optimal idarəetmə üsullarından istifadə etmədən interaktiv üsullar vasitəsi ilə optimal rejim təyin olunmuşdur;
- Paralel hesablamaların aparılması nəticəsində iterasiyaların sayını artıraraq həllin daha da dəqiq və etibarlı alınması əldə edilmişdir;
- Paralel üsullar vasitəsi ilə nəzərdə tutulan məsələnin həllinin icra müddəti ənənəvi üsulla müqayisədə dəfələrlə azalmışdır.

İstifadə olunan informasiya bazası. Dissertasiya işinin hazırlanması üçün beynəlxalq konfranslardakı məqalələrdən, IEEE, ACM, Thomson Reuter, Elsevier və Springer bazaları tərəfindən indekslənən jurnal məqalələrindən, Azərbaycan, İngilis, Fars və Rus dilində nəşr edilmiş kitablardan və digər elektron kitablardan istifadə edilmişdir.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Təqdim olunan dissertasiya işinin mövzusu neftçixarma sənayesinə aid qaz-lift prosesinə həsr olduğuna görə, hazırlanan paralel alqoritmlər qaz-lift üsulu ilə işləyən real bir neft quyusu üzərində realizasiya edilə bilər. Bu üsulda neftin çıxılmasında quyuya inyeksiya edilən qazın optimal miqdarını təyin etmək üçün verilən paralel alqoritm birbaşa olaraq bir sıra hesablamalar aparır. Lakin, həmin hesablamaları ənənəvi üsullardan fərqli olaraq həm etibarlı, həm də daha qısa bir vaxt müddətində yerinə yetirir. Bu isə real vaxt anında daxil edilən qaz həcmnin ənənəvi üsulla təyin olunmuş miqdarı ilə müqayisədə müəyyən fərqə malik olur. Həmin fərqlər nə dərəcədə kiçik miqdar təşkil etsə də, sutka ərzində xeyli miqdarda qaz həcmi təşkil edir. Bir sözlə, paralel hesablama texnologiyaları tətbiq etdikdə külli miqdarda qaz itkisinin qarşısını alır. Digər tərəfdən qaz-lift quyusunun iş rejimində müdaxilə etdikdə real vaxt anında müəyyən işlər və yaxud reaksiyalar tələb olunur ki, tələb olunan şəraiti yaratmaq üçün paralel üsullar ənənəvi üsullarla müqayisədə daha operativ işləmək qabiliyyətinə malik olurlar.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas nəticələri haqqında aşağıdakı konfrans və seminarlarda məruzə ilə çıxış edilmişdir:

1. Müstəqilliyin 20-ci illiyinə həsr edilmiş elmi konfransı (Bakı, 2011);
2. Müstəqilliyin 20-ci illiyinə həsr edilmiş elmi konfransı (Bakı, 2011);
3. Tətbiqi riyaziyyat fakültəsinin elmi konfransı (Bakı, 2012);
4. Tətbiqi riyaziyyat fakültəsinin elmi konfransı (Bakı, 2012);
5. 4th International Conference on Control and Optimization with industrial Applications, COIA-2013 (Brevets, Bulgaria, 2013);
6. International Conference "Parallel and Distributed Computing Systems" PDSC-2013 (Kharkiv, Ukraine, 2013);
7. Azərbaycanın Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin 90 illiyinə həsr olunmuş "Riyaziyyatın tətbiqi problemləri" Respublika elmi konfransı (Bakı, 2013);
8. Международная конференция Динамические системы: Устойчивость, управление, Оптимизация к 95-летию со дня рождения академика Е. А. Барбашина (1918–1969) (Minsk, Belarus, 2013);
9. VIII Kazakhstan-Russian international scientific-practical conference "Mathematical modeling in the scientific

technological and environmental problems of oil and gas industry" (Atyrau, Kazakhstan, 2014);

10. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi Gəncə Dövlət Universiteti Riyaziyyat və İKT tətbiq sahələri və yeni tədris texnologiyaları beynəlxalq konfransı (Gəncə, 2014);
11. International Conference on Computational and Social Sciencess (İCCSS-14) (Rize, Turkey, 2014).

Eyni zamanda dissertasiya işinə aid olan nəticələr dəfələrlə Tətbiqi Riyaziyyat ETİ və İnformasiya texnologiyaları və proqramlaşdırma kafedrasının seminarlarında məruzə edilmişdir.

Çap olunmuş elmi əsərlər. Dissertasiya mövzusu üzrə 15 elmi əsər nəşr edilmişdir ki, onlardan 2-si Thomson Reuter bazasında indekslənen jurnallarda çap olunmuşdur.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, 4 fəsildən, nəticədən, 148 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Əsas mətn hissəsi 112 səhifədən, 23 şəkil və 11 cədvəldən ibarətdir.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya işinin aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsədi və həll olunacaq məsələlər müəyyən edilmişdir. Əldə edilmiş nəticələrin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti göstərilmişdir.

Birinci fəsildə paralel hesablama texnologiyaların mahiyyəti, yaradılmasının ideyaları və çox prosessorlu kompüterlərin müxtəlif arxitekturaları və strukturları müzakirə edilmişdir. Elmin müxtəlif sahələrində baş verən sürətli inkişafı və onun mürəkkəb hesablamalara olan ehtiyac duyduğunu nəzərə alaraq, alimlərin nəzərində belə bir ideya yaradıldı ki, artıq ardıcıl strukturlu kompüterlər və yaxud bir prosessorlu sistemlər onların ehtiyaclarına cavab vermir. Xüsusilə də, kompüter elmlərində, o cümlədən; süni intellektə, müxtəlif ədədi və qrafiki simulyasiyalarda, neyron şəbəkələrdə, qraflar nəzəriyyəsinə uyğun gələn məsələlərdə, verilənlər bazalarındakı əməliyyatlarda, hava proqnozlarının modelləşdirməsində, astrofizikada, animasiyada və vizuallaşdırma işlərində, və çoxlu tətbiqi və hesablama sahələrində paralel hesablama texnologiyalarından istifadə etmək zəruri xarakter daşıyır. Bu sahələrə aid olan məsələlərdə böyük həcmli informasiyalar və çox ölçülü massivlərlə qarşılaşırıq ki, dəqiq, səmərəli və daha yüksək sürətlə cavaba nail olmaq üçün paralel hesablama texnologiyası kimi üsullar istifadə edilməlidir. Bu

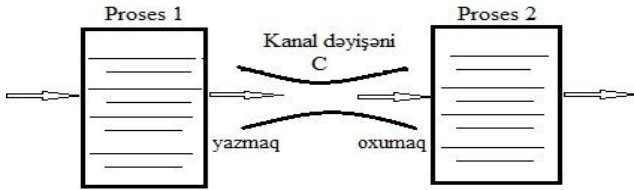
məqsədlərə nail olmaqda hətta güclü və müasir fərdi kompüterlərdə kifayət qədər cavabdehlik qabiliyyətlərinə malik olurlar. Paralel hesablama texnologiyaların əsas ideyası da məhz sistemin gücünü artırmaq üçün daha çox sayda fiziki prosessorlardan istifadə etməkdən ibarətdir. Lakin həmin prosessorlar bir-biri ilə əlaqədə olmalı, bir-birini gözləməli və bir-biri ilə sinxronlaşdırmalıdır.

Bəzən elə məsələlər qarşılaşırıq ki, onlarda müəyyən şəraitdə hansısa cavabın verilməsi, addımın atılması və yaxud reaksiyanın verilməsi tələb olunur. Bu vəziyyətdə qeyri paralel və ardıcıl struktura malik olan sistemlər etibarlı olmadıqları üçün paralel hesablama kimi yüksək performanslı texnologiyalardan istifadə etməli oluruq. İşin neftçixarma sənayesinə aid olması onun aktuallığını daha da artırır. Beləki, dissertasiya işi neftçixarmanın iqtisadi nöqteyi nəzərdən ən sərfəli üsulu olan qaz-lift metodunda optimal rejimin tapılmasına həsr edilmişdir. Bu məsələ xüsusi ilə də neft ölkələrində kifayət qədər aktualdır. Birinci fəsil 4 paragrafdan ibarət olmaqla paralel hesablama texnologiyaların tarixindən, onun mahiyyətindən, əsas prinsiplərindən, paralel alqoritmlərin yaradılma üsullarından və çox prosessorlu kompüterlərin müxtəlif arxitekturalarının xüsusiyyətlərindən bəhs edir. Bu fəsildə müzakirə edilən məsələlər aşağıdakı kimidir:

Paralel hesablama texnologiyasının mahiyyəti və çox prosessorlu kompüterlərin müxtəlif arxitekturaları, paralel alqoritmlərin hazırlanması problemləri və o problemlərin aradan qaldırma mexanizmləri, paralel proqramlaşdırma üsulları, məsələnin paralelləşdirilməsi üçün paralel proseslərin yaradılması və onların bir-biri ilə əlaqələndirilməsi və həm də paralel hesablamalarda məsələnin verilənlərinin müxtəlif prosessorlar tərəfindən ortaqlıq istifadə olunması ətraflı müzakirə edilmişdir və bu fəsildə öyrənilən məlumatlarından istifadə edərək dissertasiyanın əsas məsələsinin həllində istifadə edilə bilən mexanizmlər və arxitekturalar təyin edilmişdir.

İkinci fəsil beş paragrafdan təşkil olunmuşdur. Bu fəsildə bəzi riyazi məsələlərin paralel hesablama texnologiyalarının vasitəsi ilə necə həll olunması müzakirə edilmiş və verilən paralel proqramlar multi paskal simulyatoru vasitəsi ilə qiymətləndirilmişdir. Bu fəsildə paralelliklə həll olunan məsələlər bir çox tətbiqi sahələrdə rast gəlinir və onların bir neçə prosessor tərəfinən həll olunması həm cavabın dəqiqliyi və həm də icra müddətinin dəfələrlə qısalması ilə müşayiət olunur. Burada təhlil edilən mövzular aşağıdakılardan ibarət olmuşdur:

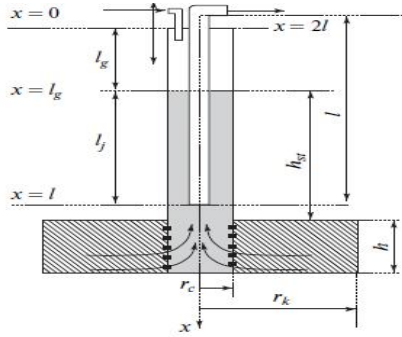
Matrisin matrisə vurulması, matrisin vektora vurulması və s kimi matrislərə aid olan əməliyyatın paralelləşdirilməsinə baxılmışdır. Həmçinin elmin və mühəndisliyin bir çox istiqamətində istifadə edilən xətti tənliklər sisteminin də paralel hesablama texnologiyası vasitəsi ilə həll olunma yolları və bu məsələ üçün kanal üsulundan istifadə etmək (Pipe lined method) öyrənilmişdir. Aşağıda adı çəkilən məsələnin paralel həll oluma ideyasını təsvir edən şəkil verilmişdir:



Şək. 1. Paralel alqoritmlərin yaradılmasında kanal üsulunun strukturu

Üçüncü paraqrafda ədədi inteqrala aid olan məsələlərinin paralel həll olunmasına aid proqram öz əksini tapmışdır. Ədədi inteqral bir çox məsələnin həllində istifadə edilir ki onun paralelləşdirilməsi üçün mövcud olan imkanlar cavabın daha dəqiq və daha qısa vaxt müddətində alınması məqsədi ilə yeni texnologiyalardan istifadə etməyi zəruriləşdirir. Diferensial tənliyin də paralel həll üsulu və Yakobin metodunun paralel tətbiqi bu fəsildə verilmişdir. Bu növ məsələlərin paralel həllini daha yaxşı başa düşmək məqsədi ilə dissertasiya işində tətbiqi bir misal verilmiş və məsələnin həlli üçün yaradılan paralel proseslərin müxtəlif mexanizmlər vasitəsi ilə o cümlədən bitmə və yenidən yaranma, hasarlama (Barrier) və s. sinxronlaşdırılmaları izah edilmişdir.

Üçüncü fəsil üç paraqrafdan təşkil olunmuşdur. Üçüncü fəsil dissertasiya işində həlli nəzərdə tutulan hesablama məsələsinin xarakteristikalarını əhatə edir. Bu fəsilin birinci paraqrafında neftçixarma sənayesinin iqtisadi nöqteyi nəzərdən ən sərfəli hesab edilən qaz-lift məsələsinin mahiyyəti və onun paralelləşdirmək üçün mövcud şəraiti öyrənilmişdir. Aşağıda qaz-lift üsulunun neft quyusu üzərində tətbiq edilməsini əks etdirən şəkil verilmişdir:



Şək. 2. Qaz lift quyusunun strukturu

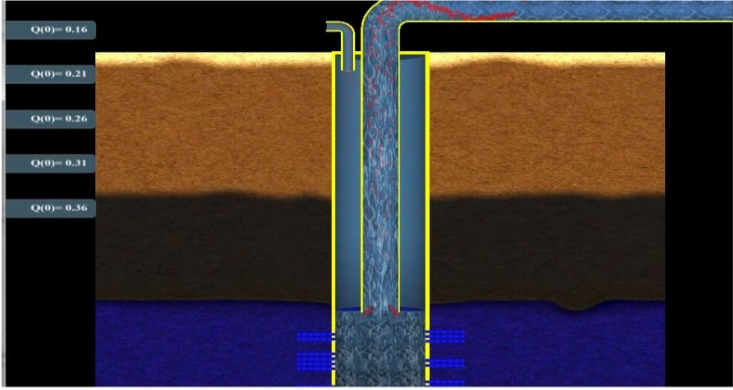
Bu fəslin ikinci paragrafında isə məsələnin verilənləri və başlanğıc şərtləri əsasında necə paralelləşdirilməsi təhlil olunmuşdur. Paralelləşdirilməsi nəzərdə tutulan qaz-lift prosesinin riyazi modelindən alınmış tənliklər aşağıdakı kimidir:

$$Q' = \frac{2a_1\rho_1F_1Q^2}{c_1^2\rho_1^2F_1^2 - Q^2} \quad x \in [0, l - 0] \quad Q(0) = Q_0$$

$$Q' = \frac{2a_2\rho_2F_2Q^2}{c_2^2\rho_2^2F_2^2 - Q^2} \quad x \in [l + 0, 2l],$$

$a_1=0.1008449644636985$	(1/s)	$\rho_1=0.717$	(kg/m ³)
$F_1=0.006021647718768237$	(m ²)	$c_1=331$	(m/s)
$a_2=-89.77276884123468$	(1/s)	$\rho_2=700$	(kg/m ³)
$F_2=0.004185386812745002$	(m ²)	$c_2=850$	(m/s)

Üçüncü paragrafda qaz-lift prosesində qaz və qaz-maye qarışığının hərəkətini təsvir edən riyazi modeldən alınmış qeyri xətti diferensial tənliklərin paralel həll olunması üçün alqoritm təklif edilmişdir. Məsələ başlanğıc şərtlərə görə müxtəlif prosessorların arasında bölünərək paralel olaraq həll edilir. Diferensial tənliklərin həlli üçün 4-cü tərtib Runge-Kutta üsulu tətbiq edilmiş və həllin daha dəqiq alınması alqoritm tərəfindən təmin edilmişdir. Hazırlanan paralel alqoritmə tənliklərin hər bir başlanğıc şərt əsasında həll olunması bir prosessor tərəfindən aparılmışdır.



Şək. 3. Qaz lift quyusunda optimal rejimin tapılması üçün müxtəlif başlanğıc qiymətlərin yoxlanılması

Beləki, fiziki processorların sayına uyğun olaraq paralel proses yaradılır və verilən tənliyin hər bir başlanğıc şərt əsasında həll olunması həmin prosesə tapşırılır. Başlanğıc şərtlər məsələdə verilmiş aralıqdan seçildiyinə görə addımların kiçiltməsi ilə daha çox sayda başlanğıc miqdar yaranır və hər biri üçün riyazi model əsasında alınmış tənlik bir dəfə həll edilir. Lakin, bu say artımı iterasiyaların sayını, hesablamaların miqdarını və informasiyanın həcmi artırır ki, məsələnin 1 processorlu kompüterdə həllini qeyri mümkün edir. Ancaq çox processorlu kompüterin həm processorlarının sayının çox olması həm də yaddaş tutumunun böyük olması bu problemi aradan qaldırmağa yardım edir. Paralel hesablama texnologiyalarından istifadə etməklə əldə edilən digər bir üstünlük ondan ibarətdir ki, alınan cavabın dəqiqliyini artırmaq üçün diferensial tənliyin həllində istifadə edilən Runge-Kutta üsulundakı addım əmsalını (h) kiçiltməklə iterasiyaların sayı artaraq hesablamaların və verilənlərin həcmi artırır. Lakin, çox processorlu kompüterdən istifadə sayəsində bu problem də aradan qaldırılır. Paralel hesablama üsullarından istifadə edərkən artıq heç bir optimal idarə etmə məsələsi həll etmədən qaz-lift quyusunun cari şəraiti əsasında optimal rejim qısa bir vaxt anında təyin olunur. Hazırlanan paralel alqoritm paralel imkanlara malik olan bir proqramlaşdırma dilində realizasiya edilib quyu üzərində müəyyən funksiyaları yerinə yetirən qurğuda tətbiq edilə bilər. Başqa sözlə, təqdim edilən alqoritm və onun proqramı qaz-lift quyusunda avtomatlaşdırılmış idarəedicinin yaradılması üçün ən əsas addımdır.

Dördüncü fəsil 4 paraqrafdan ibarətdir və burada dissertasiya işində paralelləşdirilməsi nəzərdə tutulan məsələnin paralel alqoritminin C# proqramlaşdırma dilində realizasiyası verilmişdir. Dördüncü fəsilin birinci paraqrafında qaz-lift prosesinin optimal rejimini təyin edən paralel proqramın əhəmiyyəti və belə bir proqramın nə dərəcədə zəruri olması izah edilmişdir. İkinci paraqrafda isə paralel alqoritmlərinin qiymətləndirilmə vasitəsi hesab edilən multi paskal simulyatoru şərh edilmişdir və bu simulyatorun imkanları və paralelləşdirmə vasitələri də bir proqramlaşdırma dili olaraq öyrənilmişdir. Həmçinin C# proqramlaşdırma dilinin kitabxana fayllarından istifadə edərək necə düsturları və proqramları paralelləşdirmək üsulları müzakirə edilmişdir. Dördüncü fəsilin üçüncü paraqrafında artıq təklif olunan paralel alqoritmin C# proqramlaşdırma dilində proqramı ətraflı izahatla verilmişdir və proqram düsturları çərçivəsində tənliklərin müxtəlif başlanğıc şərtlər əsasında prosessorlararası necə bölünməsi şərh edilmişdir. Dördüncü paraqrafda da həmin proqram vasitəsi ilə alınan ədədi nəticələr və qrafiklər təhlil edilib və qeyri paralel versiyadan alınmış nümunələrlə müqayisə edilmişdir. Proqramın icrası müxtəlif sayda prosessor vasitəsi ilə aparılmış və həllərin dəqiqliyi və həm də icra müddəti nəzərdə saxlanılmışdır. Aşağıda hazırlanan paralel proqramın icrasından alınan ədədi nəticələrdən bir neçəsi göstərilmişdir. Verilən ilk cədvəl yalnız 1 fiziki prosessordan istifadə etməklə qaz-maye qarışığının hərəkətini təsvir edən diferensial tənliklərin 11 müxtəlif başlanğıc miqdar üzrə həll olunmasının nəticələrini özündə əks etdirir.

Bu cədvəldə alınmış həllər verilən intervalda addımın 0.01 olması və Runge-Kutta üsulundakı “h” addımının da 0.01 olması şəraitində əldə edilmişdirlər. Digər bir cədvəl isə daha çox sayda başlanğıc qiymət üzrə həmin tənliklərin həllini özündə birləşdirir. Lakin, burada başlanğıc qiymətlər tənliyin həlli üçün verilən intervaldan (daxil edilən qaz həcmindən) 0.0001 addımı ilə seçilir.

Runge-Kutta üsulunda mövcud olan addım isə 0.005 nəzərdə tutulmuşdur ki, iterasiyaların sayını artırmaqla alınan həllərin dəqiqliyini daha da artırır. Verilən hər iki cədvəldə quyuya inyeksiya edilən qaz üçün eyni qiymət verildikdə eyni cavablar əldə edilir. Dissertasiya işinin mətnində qaz-lift prosesinin riyazi modelindən alınmış tənliklərin müxtəlif şəraitdə paralel həllinin cədvəlləri verilmişdir.

Cədvəl 1

Q(2l)-in Q(0)-dan asılılığı (H=0.05, H(r)=0.01, 11 sayda Q(0),
1 prosessorla)

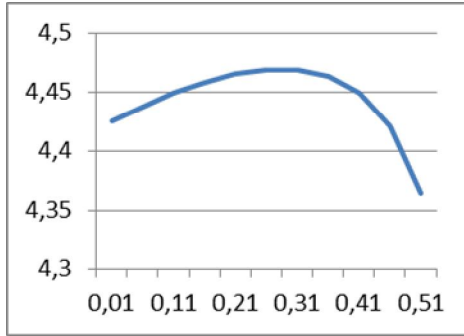
ID	Q(0)	Q(l-0)	Q(l+0)	Q(2l)
0	0.01	0.0100637236853055	9.9938866560906	4.42480158959619
1	0.06	0.0623739689438109	10.0595425325177	4.43762685886905
2	0.11	0.118291829545694	10.1176226474894	4.44889455491464
3	0.16	0.178321648085412	10.1660530869678	4.45823493470125
4	0.21	0.243162475262978	10.2021714866161	4.46516833952927
5	0.26	0.313813307652505	10.2223810465939	4.46903580408768
6	0.31	0.391762268746577	10.2215118258183	4.46886964006538
7	0.36	0.479358236023015	10.191532893546	4.46312898978158
8	0.41	0.580635647577958	10.1186143961326	4.44908632760122
9	0.46	0.70351165459937	9.97505902012483	4.42110644634863
10	0.51	0.867815249268826	9.68873473524933	4.36393954214418

Cədvəl 2

Q(2l)-in Q(0)-dan asılılığı (H=0.0001, H(r)=0.005, 5001 sayda
Q(0), 24 prosessorla)

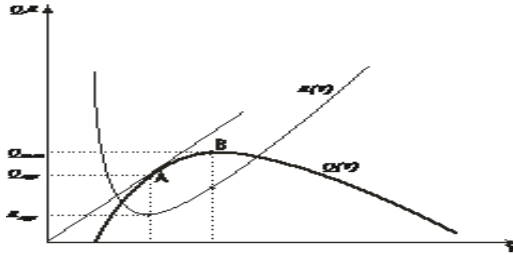
ID	Q(0)	Q(l-0)	Q(l+0)	Q(2l)
1	0.0101	0.010165008741309	9.99402435743241	4.42483535054854
0	0.01	0.0100637236866773	9.99388665609247	4.42480835347828
2	0.0102	0.0102663067093992	9.99416203528626	4.42486234259979
2737	0.2837	0.349733879731902	10.22499985836	4.46954334119909
2738	0.2838	0.349889178327439	10.2249999754371	4.46954336357254
2739	0.2839	0.350044509657782	10.2249999960378	4.46954336750947
2740	0.284	0.350199873740808	10.224999920101	4.46954335299783
2741	0.2841	0.350355270594388	10.2249997475656	4.46954332002604
4998	0.5098	0.867017116266347	9.69038660297526	4.36428111656909
4999	0.5099	0.867416862887922	9.68955957999844	4.36411333651777
5000	0.51	0.867817013877265	9.68873108027847	4.36394524109639

Proqrama müxtəlif sayda başlanğıc şərtləri daxil edilərək tənliklərin paralel həlləri alınmış və gözlənilən optimal qiymət təyin olunmuşdur. Nəticədən alınmış qrafik aşağıdakı kimidir:



Şək. 4. Qaz-maye qarışığının ($Q(21)$) daxil edilən qaza ($Q(0)$) nisbət asılığı paralel alqoritmlə

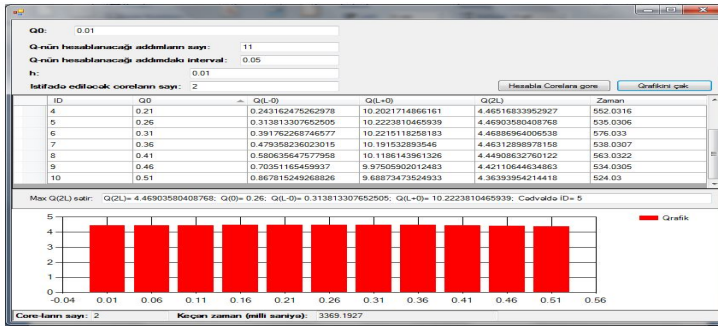
Paralel hesablamə strategiyalarından istifadə etməklə alınan nəticələrin qrafiki adı üsullardan istifadə etmə nəticəsində alınmış qrafiklə tam uyğun gəlir və buda təklif edilən modelin və qurulan paralel alqoritmin adekvatlığını bir daha sübut edir. Aşağıda qeyri paralel alqoritmədən alınmış qrafik göstərilmişdir.



Şək. 5. Qaz-maye qarışığının ($Q(21)$) daxil edilən qaza ($Q(0)$) nisbət asılığı qeyri paralel alqoritmə

Hazırlanan proqramı istifadəçi (neft-mədən operatoru) tərəfindən rahatlıqla istifadə olunması və optimal rejimin vizual olaraq təyin edilməsi məqsədi ilə məlumatın daxil edilməsi və həllin müşahidəsi üçün interfeys (dialoq menyusu) yaradılmışdır. Göründüyü kimi, daxil olunan qaz həcmi, verilən intervaldan başlanğıc miqdarların seçilməsi və intervalda

verilən addımı, Runge-Kutta üsulunda mövcud olan addımı, tənliyin hesablanma dəfələrinin sayını və istifadəyə götürülmüş fiziki prosessorların sayını daxil etmək üçün yer ayrılmışdır. Həmçinin alınan ədədi nəticələr əsasında qrafikin çəkilməsi imkanı da nəzərdə tutulmuşdur. Aşağıda həmin interfeysin bir yoxlama üçün görüntüsü verilmişdir. Ancaq, diqqət yetirmək lazımdır ki, qrafikin göstərilməsi üçün xüsusi versiyalı proqram təminatı tələb olunur. Paralel hesablama texnologiyaların tətbiqi ilə əldə edilən əsas üstünlük dəfələrlə qısa vaxt müddətində həllin alınmasından ibarətdir. Qurulan alqoritmin interfeysində hər bir həllinə və ümumi cavabın alınmasına sərf olunan zaman milli saniyə üzrə göstərilir və müqayisələrin aparılmasına imkan yaradır.



Şək. 5. İstifadəçi ilə yaradılan interfeys (dialog menyusu)

DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ

Dissertasiya mövzusu üzrə aparılmış tədqiqat zamanı qoyulmuş məsələlər öz həllini tapmış və aşağıdakı elmi-nəzəri və praktiki nəticələr əldə olunmuşdur:

- Optimal rejimin müəyyən edilməsi üçün müxtəlif başlanğıc şərtlər üzrə paralel hesablama üsullarını tətbiq etməklə artıq heç bir optimal idarəetmə üsulu istifadə edilmir.
- Hesablama əməliyyatının sonunda istifadəçi (neftçi-mədən operatoru) üçün vizual optimal rejimi təyin olunur.
- Bir neçə quyudan ibarət olan bir layda təklif olunan paralel alqoritm eyni zamanda bütün quyular üçün süzülmə prosesinə heç bir müdaxilə etmədən (iş rejimini pozmadan) optimal rejimi təyin edir.
- Təklif edilən paralel alqoritmin tətbiqi ilə məlum olmuşdur ki, yeni üsul dəfələrlə qısa bir vaxt müddətində həlli hesablayır.

- Optimal rejimin daha sürətlə təyin olunması sayəsində gün ərzində külli miqdarda quyuya vurulan qazın itkisinin qarşısı alınır.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı elmi işlərdə dərc edilmişdir:

1. **Haşemi M.M.** Multiprocessor arxitekturasında proseslərin kommunikasiyası / Müstəqilliyin bərpasının 20-ci illiyinə həsr olunmuş “Riyaziyyatın tətbiqi problemləri” elmi konfrans. Bakı: 2011, s. 43-45.
2. **Haşemi M.M.** Multiprocessor sistemində kommunikasiya əlaqələri / Müstəqilliyin bərpasının 20-ci illiyinə həsr olunmuş “Riyaziyyatın tətbiqi problemləri” elmi konfrans. Bakı: 2011, s. 46-48.
3. **Haşemi M.M.** Çox processorlu sistemlərdə marşrutlaşdırılma və yaddaş gərginliyi məsələsi / “Riyaziyyatın tətbiqi problemləri” elmi konfransı. Bakı: 2012, s. 47-49.
4. **Haşemi M.M.** Multi kompüter sistemində "message passing" metodu ilə proqramlaşdırma / Tətbiqi riyaziyyat fakültəsinin elmi konfransı. Bakı: 2012, s. 49-51.
5. **Hashemi M.M.** On a parallel method for solving system of linear equations / 4th International Conference of Control and Optimization with Industrial Applications, (COIA-2013). Bulgaria: pp.35-36
6. **Hashemi M.M., Ahari S.A.** An optimal parallel algorithm for finding roots of linear equations system / International Conference "Parallel and Distributed Computing Systems" PDSC-2013. Kharkiv: pp.143-145.
7. **Hashemi M.M., Ahari S.A.** The problem of process creation in parallel algorithms / Международная конференция Динамические системы: Устойчивость, управление, Оптимизация к 95-летию со дня рождения академика Е. А. Барбашина (1918–1969)г. Минск:2013, p. 35.
8. **Haşemi M.M., Əhəri Ş.Ə.** Xətti tənliklər sistemi üçün bir paralel həll üsulu // Journal of Qafqaz University, Mathematics and Computer Sciences. 2013, Vol. 1, Issue 1. s. 69-74.
9. **Hashemi M., Ahari S.** An investigation about the models of parallel computation // International Journal of Engineering Research and Applications, 2013, Vol. 3, No. 6. pp. 1160-1162.
10. **Haşemi M.M.** Xətti tənliklər sisteminin həlli üçün paralel bir alqoritm / Azərbaycanın Ümummilli Lideri Heydər Əliyevin 90

illiyinə həsr olunmuş “Riyaziyyatın tətbiqi problemləri” Respublika elmi konfransı. Bakı: 2013.

11. **Hashemi M., Ahari S.** An overview of the message passing programming method in parallel computing // Advance in Computing, 2014, 4(1), pp.1-5
12. **Hashemi M.M., İsmailov N.A., AhariSh.A.** Application of parallel computing technology in oil extraction industries / VIII Kazakhstan-Russian international scientific-practical conference "mathematical modeling in the scientific technological and environmental problems of oil and gas industry". Atyrau: 2014.
13. **Hashemi M.M., İsmailov N.A., AhariSh.A.** Parallel solution methods in optimization of gas-lift process // Reports of ANAS, 2014, Volume LXX, № 3, pp. 45-48.
14. **Haşemi M.M., Əhəri Ş.Ə.** Tətbiqi və riyazi məsələlərdə paralel hesablama üsullarının rolu / Riyaziyyat və İKT tətbiq sahələri və yeni tədris texnologiyaları Beynəlxalq konfransı. Gəncə: 2014, s. 32-34.
15. **Hashemi M., Ahari Sh.** Role of parallel computation technology in developed scientific fields / International Conference on Computational and Social Sciences (İCCSS-14). Rize: 2014, pp.1064-1070
16. **Hashemi M., Aliev F., Ahari Sh.** Parallel solution for solving the system of linear equations // International Journal Of Current Life Sciences, 2014, Vol. 4, Issue 9, pp. 7593-7596.
17. **Hashemi M., Ahari Sh.** Role of parallel computation technology in developed scientific fields // Journal of Applied Environmental and Biological Sciences (JAEBS) J. Appl. Environ. Biol. Sci. 4(9S), pp. 224-230 2014.

Həmmüəlliflərlə dərc olunmuş işlərdə iddiaçının şəxsi rolu

- [6] [8] [16] – Xətti tənliklər sisteminin paralel alqoritmi işlənmişdir;
[9]–Paralel hesablamanın müxtəlif modellərinin analizi aparılmışdır;
[11] – Çox prosessorlu kompüterlərin arxitekturaları üzrə müqayisəli təhlil aparılmışdır;
[12], [13] – Qaz-lift prosesində hərəkəti təsvir edən tənliklərin paralel alqoritm üçün proqram təminatı hazırlanmışdır;
[14], [15], [17] – Elmin müxtəlif sahələrində paralel hesablama texnologiyalarının rolu qiymətləndirilmişdir.

МЕХРДАД МИРДЖАЛАЛ ХАШЕМИ

РЕАЛИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ В ГАЗЛИФТНОМ ПРОЦЕССЕ

АННОТАЦИЯ

Сегодня параллельные вычислительные методы являются одними из наиболее важных аспектов высокопроизводительных технологий. Так, применение этих методов стало одним из главных направлений для специалистов в инженерии и прикладной математике, в частности, при вычислительных работах. В данной работе предложены параллельный алгоритм для определения оптимального режима в газлифтном процессе при добыче нефти.

Во время исследований, проводимых по теме диссертации, были решены нижеследующие поставленные задачи и получены актуальные научно- теоретические и практические результаты:

- Для определения оптимального режима путем применения методов параллельных вычислений с разными начальными условиями не требуются какие-либо методы оптимизации.
- В конце вычислительной операции для пользователя (оператора по добыче нефти) визуально определяется оптимальный режим.
- Предложенный параллельный алгоритм для одного и того же пласта, состоящего из нескольких скважин, одновременно устанавливает оптимальный режим для добычи флюида безкакого-либо вмешательства извне в работу скважины.
- При применении предложенного параллельного алгоритма было выявлено, что, с помощью нового метода результат часто достигается в течение короткого периода времени.
- Благодаря более быстрому определению оптимального режима удается предотвратить потерю большого количества газа, вводимого в скважину в течение дня.

**IMPLEMENTATION OF PARALLEL ALGORITHMS FOR
CONSTRUCTING OPTIMAL SOLUTIONS IN THE PROSES OF
GAS LIFT**

SUMMARY

Today the parallel computing methods is one of the most important aspects of high performance technologies. So, applying this methods in any fields of engineering and mathematical problems has become one of the main direction of specialists. In this thesis, we have proposed a parallel algorithm for determination of optimal regime in the process of gas lift related to oil extraction industries.

According to the specified purpose in the thesis the following scientific-theoretical and practical results are received:

- By applying parallel computing techniques according to different initial conditions for determination of the optimal regime, there will be no need for any optimal control method.
- At the end of parallel computing operations the optimal regime will be determined for user (oil-mining operator) visually.
- Suggested parallel algorithm will be able to determine optimal regime for several wells of an oil layer at the same time without any intervention in filtration process.
- By applying suggested algorithm on an oil well it has been known that the new method needs much shorter execution time for achieving to solution.
- Determination of optimal regime in a very short time causes to preventing loss of large amount of gas injected into the well.

На правах рукописи

МЕХРДАД МИРДЖАЛАЛ ХАШЕМИ

**РЕАЛИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА
ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ В
ГАЗЛИФТНОМ ПРОЦЕССЕ**

3338.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике

БАКУ – 2015