

Ալբերտ Գագիկի Սարիբեկյան

**Զուգահեռ հաշվողական ենթակառուցվածքներում  
երկրատեղեկատվական համակարգերի բուսական ծածկույթի գնահատման  
ճառայությունների մշակում**

Ե13.04 – «Հաշվողական մեքենաների, համալիրների, համակարգերի և ցանցերի  
մաթեմատիկական և ծրագրային ապահովում» մասնագիտությամբ տեխնիկական  
գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՄԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան – 2014

---

ИНСТИТУТ ИНФОРМАТИКИ И ПРОБЛЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ НАН РА

Альберт Гагикович Сарибекян

**Разработка ГИС сервисов по оценке растительного покрова в параллельных  
вычислительных инфраструктурах**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности

05.13.04 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,  
комплексов, систем и сетей»

Ереван – 2014

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում:

Գիտական ղեկավար՝	տեխ.գիտ.թեկնածու	Հ.Վ. Ասցատրյան
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝	ֆիզ.մաթ.գիտ.դոկտոր	Լ.Հ.Ասլանյան
	տեխ.գիտ.թեկնածու	Մ.Ղ. Գյուրջյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ ՀՀ ԳԱԱ Էկոլոգանոսֆերային հետազոտությունների կենտրոն

Պաշտպանությունը կայանալու է 2014թ.-ի դեկտեմբերի 12-ին, ժ. 15:00-ին ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում գործող 037 «Ինֆորմատիկա և հաշվողական համակարգեր» մասնագիտական խորհրդի նիստում հետևյալ հասցեով՝ Երևան, 0014, Պ. Սևակի 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ գրադարանում:  
Սեղմագիրն առաքված է 2014թ.-ի նոյեմբերի 12-ին:

Մասնագիտական խորհրդի  
գիտական քարտուղար, ֆ.մ.գ.դ.



Հ. Գ. Մարտիսյան

---

Тема диссертации утверждена в институте проблем информатики и автоматизации  
НАН РА

Научный руководитель:	кандидат тех. наук	Г.В. Асцатрян
Официальные оппоненты:	доктор физ.мат.наук	Л.А. Асланян
	кандидат тех. наук	М.К. Гюрджян

Ведущая организация: Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА

Защита состоится 12-го декабря 2014г. в 15:00 на заседании специализированного совета 037 “Информатика и вычислительные системы” в Институте проблем информатики и автоматизации НАН РА по адресу: 0014, г. Ереван, ул. П. Севака 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИПИА НАН РА.

Автореферат разослан 12-ого ноября 2014г.

Ученый секретарь специализированного совета  
доктор физ.мат.наук



А. Г. Саруханян

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

### ***Թեմայի արդիականությունը:***

Շրջապատող աշխարհի վերաբերյալ տվյալների հավաքագրումը, ընդհանրացումը, համակարգումը և մշակումը ժամանակակից գիտության հիմնական խնդիրներից են, սակայն նման տեղեկատվության արդյունավետ ընկալման համար անհրաժեշտ է տվյալների ճիշտ և հստակ ներկայացում: Շրջակա միջավայրի ուսումնասիրման գիտական համագործակցությունը երկրի հեռահար զոնդավորման միջոցով երկրագնդի բուսական ծածկույթի վերաբերյալ բազմապիսի տեղեկատվության ձեռք բերման միջոց է, ինչը օրեցօր ընդլայնում է իր կիրառական և գիտական նշանակության շրջանակները: Շրջակա միջավայրի ուսումնասիրման ոլորտում ծրագրային ապահովումն իրականացնելու համար անխուսափելի են դառնում երկրատեղեկատվական համակարգերի (ԵՏՀ) օգտագործումը, որոնք հանդիսանում են երկրի հեռահար զոնդավորման միջոցով ստացված պատկերներում (աշխարհատարածական տվյալներում) պարունակվող բազմապիսի կարևոր տեղեկատվության վերամշակման գործիք:

Երկրի հեռահար զոնդավորման միջոցով ստացված պատկերների շնորհիվ ԵՏՀ -ի կիրառությունը հնարավորություն է ընձեռում հետազոտել երկրագնդի ողջ ծածկույթը: Ուստի, կախված հետազոտվող առարկայական ոլորտից, ԵՏՀ -ի օգնությամբ լուծվում են մի շարք կենսական նշանակության խնդիրներ:

Գոյություն ունեն մի շարք ԵՏՀ ծրագրային ապահովման միջոցներ: Բաց կողով (open source) ԵՏՀ ծրագրային ապահովման միջոցները մշակողներին հնարավորություն են ընձեռում էլնելով խնդրի դրվածքից կատարել ծրագրային փոփոխություններ:

ԵՏՀ –ը պահանջում են սեղմ ժամկետներում իրականացնել մեծ քանակի տարածական տվյալների ձեռքբերում, պահպանում, որոնում, տվյալների վիզուալիզացիա և մշակում: Ուստի, անհրաժեշտություն է առաջանում ԵՏՀ բարդ խնդիրների լուծման համար օգտագործել զուգահեռ հաշվողական համակարգերի հնարավորությունները:

Ինչպես արդեն հայտնի է զուգահեռ հաշվողական համակարգերի զարգացումը պայմանավորված է գիտակրթական, գիտատեխնիկական և գործնական ոլորտներում լայն հեռանկարային կիրառություններով: Հիմնականում այդ համակարգերը նախատեսված են այնպիսի խնդիրների համար, որոնց լուծումը ավանդական համակարգերի վրա հանգեցնում է բազմապիսի խոչընդոտների: Սույն համակարգերի համար ալգորիթմների մշակումը և ծրագրային միջոցների ստեղծումը, որոնք առաջարկում են մի շարք ծառայություններ, հանդիսանում են կարևոր գործոն՝ հնարավորություն տալով ունենալ մեծ առաջընթաց տարբեր ոլորտներում:

Հետևաբար անհրաժեշտություն է առաջանում ստեղծել այնպիսի միջավայր, որն օգտագործողներին հնարավորություն կտա հաղթահարելու ԵՏՀ և հաշվողական ենթակառուցվածքների օգտագործման խոչընդոտները և դժվարությունները՝

կատարելով երկրատեղեկատվական հաշվարկներ, անհրաժեշտության դեպքում օգտվելով զուգահեռ հաշվողական համակարգերի ռեսուրսներից, ինչը հատկապես օգտակար կլինի առանց մասնագիտական խորը հմտություններ տիրապետող օգտագործողների համար: Ուստի, աշխատանքում առաջադրված հարցադրումներն ու լուծումները նպատակ են հետապնդում լուծել վերը նշված խնդիրները:

***Աշխատանքի նպատակը:***

Աշխատանքի նպատակն է բուսական ծածկույթի ուսումնասիրության համար մշակել միջազգային չափորոշիչներին համապատասխան ԵՏՀ բուսական ծածկույթի գնահատման ծառայությունների աշխարհագրական պորտալ, որն անհրաժեշտության դեպքում կարող է օգտագործել զուգահեռ հաշվողական համակարգերի ռեսուրսները:

Հետազոտություններն իրականացվել են հետևյալ ուղղություններով՝

- ԵՏՀ բուսականության ինդեքսների հաշվման և ժամանակային վերլուծություն իրականացնելու համար մշակել աշխարհագրական պորտալ:
- Մշակել ծրագրային միջոցներ, որոնք պորտալի ծառայություններին ապահովում են օգտագործել զուգահեռ հաշվողական ռեսուրսներ:
- ԵՏՀ բուսականության ինդեքսների ստացման համար մշակել զուգահեռ ալգորիթմ:

***Հետազոտման օբյեկտը:***

Հետազոտության օբյեկտներն են՝ երկրատեղեկատվական համակարգերում և նրա կիրառություններում մեծ նշանակություն ունեցող բուսականության ինդեքսները, զուգահեռ հաշվողական համակարգերը և ԵՏՀ հիմնօրինակները:

***Հետազոտման մեթոդները:***

Հետազոտությունների ընթացքում օգտագործվել են զուգահեռ ծրագրավորման սկզբունքներ, երկրի հեռահար գոնդավորման միջոցով ստացված պատկերներ, ԵՏՀ ծրագրային ապահովման միջոցներ և հիմնօրինակներ, բուսականության ինդեքսների ստացման զուգահեռ և հաջորդական ալգորիթմներ:

***Արդյունքների գիտական նորությունը:***

- Մշակվել է բուսականության ինդեքսների ստացման զուգահեռ ալգորիթմ՝ հիմնված ըստ հանգույցների միջուկների զուգահեռացման վրա:
- Մշակվել է երկրատեղեկատվական ծառայություններ մատուցող աշխարհագրական պորտալ, որն անհրաժեշտության դեպքում

օգտագործում է գուգահեռ հաշվողական համակարգեր: Որպես ծրագրային ապահովման միջոց ընտրվել է GRASS ծրագրային փաթեթը:

***Ստացված արդյունքների կիրառական նշանակությունը:***

Բուսականության ինդեքսների ստացման համար առաջարկված գուգահեռացված ալգորիթմը հնարավորություն է տալիս սեղմ ժամկետներում ստանալ այդ ինդեքսները, իսկ ստեղծված աշխարհագրական պորտալը թույլ է տալիս օգտագործողին կատարել հեռահար հաշվարկներ՝ առանց տիրապետելու գուգահեռ հաշվողական համակարգերից օգտվելու հմտությունների և առանց տեղադրելու ԵՏՀ ծրագրային միջոցները լոկալ համակարգերում, ինչպես նաև օգտվել ԵՏՀ որոշ ծառայություններից:

***Ներդրումներ:***

Ստացված արդյունքներ հիման վրա իրականացվել է ծրագրային պորտալ, որը ներդրվել է և օգտագործվում է ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտի կողմից համակարգվող Հայկական ազգային գրիդ համակարգում և անցնում է փորձարկումներ "Ազգային հետազոտական էլեկտրոնային ենթակառուցվածքի կիրառում բնագիտական խնդիրների լուծման համար" պետական նպատակային ծրագրի շրջանակներում:

***Պաշտպանությանը ներկայացվում են հետևյալ դրույթները:***

- Հետազոտվել են բուսականության ինդեքսների ստացման գոյություն ունեցող հաջորդական և գուգահեռ եղանակները և առաջարկվել է գուգահեռ հաշվարկման նոր ալգորիթմ:
- Ստեղծվել է աշխարհագրական պորտալ, որի միջոցով հնարավոր է գուգահեռ եղանակով ստանալ բուսականության ինդեքսները, վիզուալիզացնել, ստանալ աշխատանքի կատարման ժամանակը:
- Մեկից ավել բուսականության ինդեքսների հաշվման և նրանց ժամանակային վերլուծության համար մշակվել են լրացուցիչ ծառայություններ:

***Ապրոքացիա:***

Ատենախոսության հիմնական արդյունքներն ու դրույթները քննարկվել և զեկուցվել են ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ ընդհանուր սեմինարների և բարձր արտադրողականությամբ հաշվողական համակարգերի լաբորատորիայի սեմինարների ընթացքում, ICT Innovations գիտաժողովում, 12-15 սեպտ.-ի՝

2012, Օհրիդ, Մակեդոնիա, "Environmental Data Sharing for the Benefit of the South Caucasus Region" սիմպոզիումի շրջանակներում՝ 21-22 մայիսի, Երևան, Հայաստան:

***Հրապարակումներ:***

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները հրապարակվել են չորս (4) գիտական աշխատություններում, որոնց ցուցակը բերված է սեղմագրի վերջում:

***Ատենախոսության կառուցվածքն ու ծավալը:***

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, վերջաբանից, գրականության ցանկից և երկու հավելվածից: Հիմնական տեքստը կազմում է 101 էջ, որտեղ ներառված է 32 նկար և 4 աղյուսակ: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը հավելվածի հետ միասին կազմում է 107 էջ:

**ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Ներածության մեջ հիմնավորված են ատենախոսության արդիականությունը, ձևակերպված են աշխատանքի նպատակներն ու խնդիրները, ինչպես նաև պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները: Նշված են ստացված արդյունքների գիտական նորույթը և կիրառական նշանակությունը:

**Գլուխ 1-ում** տրված է ԵՏՀ-ի ընդհանուր նկարագրությունը, նրա տվյալների բազմության դասակարգումը, ներկայացման եղանակները, ԵՏՀ ծրագրային փաթեթները՝ մասնավորապես GRASS ծրագրային փաթեթը, ինչպես նաև բազմապրոցեստրային հաշվողական համակարգերի վերաբերյալ պատկերացում կազմելու համար ներկայացված են կլաստերային, գրիդային և ամպային համակարգերը և զուգահեռ ծրագրավորման տեխնոլոգիաները:

**Բաժին 1.1-ում** ներկայացված են ԵՏՀ-ի դերն նշանակությունը, թե ինչ է իրենից ներկայացնում էլեկտրամագնիսական ճառագայթումը, թե ինչպես է մարդու աչքը ճանաչում պատկերները:

**Բաժին 1.2-ը** դիտարկում է ինդեքսավորված սև-սպիտակ, ռաստրային և վեկտորային պատկերները, դրանց գրառման եղանակները, լայն կիրառություն ունեցող ընդլայնումները, և դրանց դերը ԵՏՀ-ում: Հեռահար զոնդավորման տվյալները և սկանավորված քարտեզները պահվում են ռաստրային տեսքով, իսկ ԵՏՀ-ում ռաստրային տվյալները պահվում են մի քանի ֆայլերում, մեկում՝ ռաստրն ամբողջությամբ (պիկսելների արժեքները), մյուսում՝ տեղեկատվություն տողերի և

սյունների քանակի վերաբերյալ, երրորդում՝ գունապնակ: Մինևսյն ռաստրը կարելի է պատկերել տարբեր գունապնակում՝ կախված նրա նշանակությունից և օգտագործողի նախասիրություններից: ԵՏՀ փաթեթներում օգտագործվում են բոլոր տեսակի ռաստրային ընդլայնումները, բայց առավել կիրառելի է GeoTIFF ընդլայնումը:

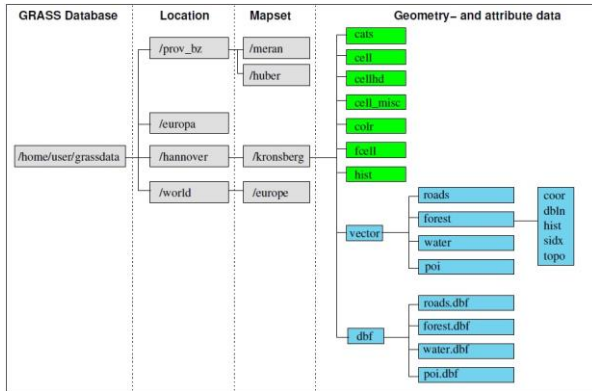
**Բաժին 1.3-ում** քննարկվել են քարտեզագրաֆիկական պրոյեկցիաները, նրանց տեսակները և նշանակությունը ԵՏՀ-ում: Քարտեզագրաֆիկական պրոյեկցիան մի եղանակ է, որի միջոցով երկրային էլլիպտոիդի մակերևույթի կետերը տեղափոխվում են քարտեզի հարթ մակերևույթ կամ ԵՏՀ-ում էլեկտրոնային քարտեզի մակերևույթ:

Ռաստրային և վեկտորային տվյալները տարածական տվյալների հետ համապատասխանեցման համար ԵՏՀ-ում պետք է ներկայացվեն իրական աշխարհագրական կոորդինատական համակարգով: Հետևաբար, ռաստրային պատկերները ԵՏՀ-ում ծառայելու համար անհրաժեշտ է, որ նրանք գտնվեն հստակ սահմանված աշխարհագրական պրոյեկցիայում, և երկրորդ, ունենան աշխարհագրական կապակցվածություն՝ լինեն գրառված որոշակի կոորդինատական համակարգում:

**Բաժին 1.4-ում** ներկայացված են ԵՏՀ ծրագրային որոշ փաթեթներ, իսկ առավել մանրամասն նկարագրվել է GRASS փաթեթը, քանի որ այն հանդիսանում է ատենախոսության մեջ կատարված աշխատանքի հիմնական գործիքը: GRASS-ը՝ Geographic Resources Analysis Support System, ստեղծվել է 1980-ական թվականների սկզբներին՝ Ամերիկայի միացյալ նահանգների զինված ուժերի ինժեներաշինարարական լաբորատորիայի կողմից, որպես ռազմական նշանակության ծրագրային կառավարման գործիք: GRASS-ը ԵՏՀ-ի վեկտորային և ռաստրային պատկերների մշակման համար ծրագրային փաթեթ է: Այն տվյալների կառավարման, պատկերների մշակման, տարածության մեջ մոդելավորման և տարբեր տեսակի տվյալների վիզուալիզացման ԵՏՀ-ի ոլորտում առկա լավագույն ծրագրային համակարգերից մեկն է: GRASS-ի կարևոր առանձնահատկությունն այն է, որ այն open source է և անվճար: Այն բաղկացած է ավելի քան 350 մոդուլներից, ինչը թույլ է տալիս հեշտությամբ աշխատել ռաստրային և վեկտորային տվյալների հետ: GRASS-ի յուրաքանչյուր ֆունկցիա իրականացվում է համապատասխան մոդուլով: Այդ կերպ GRASS-ը առանձնանում է իր թափանցիկ կառուցվածքով:

Տարածական տվյալները GRASS-ում պահվում են հատուկ ենթադիրեկտորիաներում՝ location-ներում: Յուրաքանչյուր նոր նախագծի համար ստեղծվում է նոր ենթադիրեկտորիա: Նախագծի տվյալների ողջ տեղեկատվությունը պարունակվում է վերն ասված ենթադիրեկտորիաների մեջ: location-ը իր հերթին

կարող է տրոհվել նոր ենթադիրեկտորիաների՝ mapset-ների (նկ.1): Այս կերպ GRASS համակարգում կազմակերպվում է տվյալների հասանելիությունը և կառավարումը:



Նկ. 1. GRASS-ի տվյալների կառուցվածքը

Ցանկացած նոր պրոյեկտի վերաբերյալ ողջ տեղեկատվությունը պահվում է հատուկ mapset-ի մեջ, որը կոչվում է PERMANENT և այն ավտոմատ կերպով գեներացվում է GRASS-ի կողմից: Պրոյեկտի PERMANENT mapset-ին հասանալիություն ունի միայն այդ պրոյեկտը ստեղծող օգտատերը և նրանում պարունակվող տեղեկատվությունը այլ օգտատերերի կողմից ենթակա չէ փոփոխման:

**Բաժին 1.5-ում** բերված են տարաբաշխված հաշվողական համակարգերը՝ կլաստերային, գրիդային, ամպային համակարգերը, նրանց կառուցվածքը և նշանակությունը գիտական և սոցիալական կոմպլեքս խնդիրների լուծման համար: Նկարագրվել են նաև հաշվողական ռեսուրսները, որոնք օգտագործվել են ատենախոսության մեջ, այդ թվում՝ «ԱրմԿլաստեր» և «ԱրմԳրիդ» համակարգերը<sup>1</sup>:

**Բաժին 1.6-ում** նկարագրված են ծրագրերի զուգահեռացման համար գոյություն ունեցող հիմնօրինակ տեխնոլոգիաները:

**Գլուխ 2-ում** ներկայացվել են ԵՏՀ-ում մեծ նշանակություն ունեցող բուսականության ինդեքսները: Դիտարկվել են բուսականության ինդեքսների ստացման հաջորդական և զուգահեռ եղանակները և առաջարկվել է զուգահեռ

<sup>1</sup>Astsatryan H., Shoukourian Yu., Sahakyan V., Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications - The ArmCluster Project: Brief Introduction, Las Vegas, USA, 2004, Vol. III, pp. 1291-1295



հաշվարկման նոր ալգորիթմ, ինչպես նաև կատարվել է համեմատական վերլուծություն ստացված արդյունքների միջև[1][2]:

**Բաժին 2.1-ում** ներկայացվել են բուսականության ինդեքսները, նրանց դերն ու նշանակությունը, ստացման բանաձևերը: Բուսականության ինդեքսը մի ցուցանիշ է, որը հաշվարկվում է երկրի հեռահար գոնդավորման միջոցով ստացված տվյալների տարբեր լույսային տիրույթների համադրումների արդյունքում և կախված է տվյալ պատկերի պիկսելում բուսականության պարամետրերից: Ներկայումս գոյություն ունի շուրջ 160 բուսականության ինդեքս: Առավել հայտնի և հաճախ կիրառվող բուսականության ինդեքսներից է *NDVI* –ը (*Normalized Difference Vegetation Index*)՝ բուսականության տարբերության նորմավորված ինդեքս<sup>2</sup>: *NDVI* –ի հաշվարկը հիմնված է համեմատ առավել կայուն (կողմնակի գործոններից կախում չունեցող) երկու լուսային կորերի բուսականության անդրադարձելիության հատկանիշների վրա: Խլորոֆիլների կողմից արևային ճառագայթների առավելագույն կլանումը բաժին է ընկնում լույսի սպեկտրի կարմիր տիրույթին (0.62-0.75 մկմ), իսկ մոտակա ենթակարմիրը (0.75-1.3մկմ)՝ առավելագույնն է անդրադառնում բույսերի ցանցային կառուցվածքից: Հետևաբար, բարձր ֆոտոսինթետիկ ակտիվությունը (որը կախված է բուսական ծածկույթի խիտ լինելուց) հանգեցնում է սպեկտրի կարմիր տիրույթի ցածր անդրադարձելիությանը, իսկ մոտակա ենթակարմիրինը՝ հակառակը: Ուստի այդ երկու ցուցանիշների հարաբերակցությունը թույլ է տալիս հստակ տարանջատել երկրի բուսական ծածկույթը մնացած բնական օբյեկտներից: *NDVI* –ը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

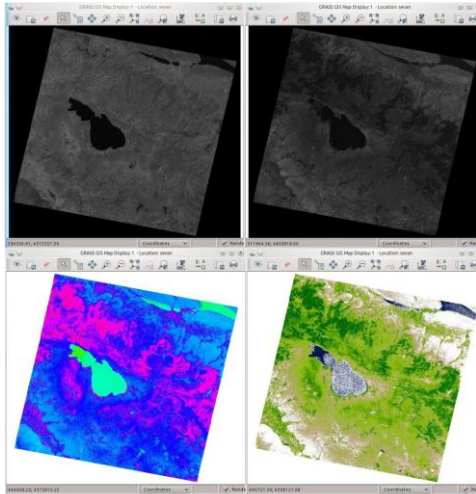
որտեղ, *NIR* -ը լուսային սպեկտրի մոտակա ենթակարմիր տիրույթն է, *RED* -ը՝ կարմիր: Համաձայն այս բանաձևի, պատկերի որոշակի կետում բուսականության խտությունը հավասար է կարմիր և մոտակա ենթակարմիր տիրույթներում ինտենսիվ անդրադարձվող լույսի արժեքների տարբերության և նրանց ինտենսիվությունների գումարի հարաբերությանը:

**Բաժին 2.2-ում** նկարագրված է բուսականության ինդեքսների՝ մասնավորապես *NDVI* -ի հաջորդական հաշվարկը *GRASS*-ի միջոցով:

---

<sup>2</sup> Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., and Deering, D. W. (1973) "Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS," \_Third ERTS Symposium, NASA SP-351, vol. 1, pp.309-317

Ատենախոսության մեջ առավել մանրամասն ուսումնասիրվել է նրա *i.vi* մոդուլը, որն օգտագործվում է բուսականության ինդեքսների հետ աշխատելու համար: *NDVI*-ը աշխատում է արբանյակներից ստացված ռաստրային տիպի պատկերների հետ: Որպես մուտքային տվյալ ընտրված է Սևանա լճի ավազանի ռաստրը՝ իր հարակից տարածքներով: Վերցվում է պատկերի կարմիր և մոտակա ենթակարմիր տիրույթները և համապատասխան բանաձևով ստացվում է *NDVI* –ը: Նկ.2-ում պատկերված են GRASS համակարգում այդ երկու շերտերը և դրանց միջոցով *NDVI*-ի հաշվարկման արդյունքում ստացված ելքային պատկերը:



Նկ.2 *NDVI* -ի հաշվարկը GRASS միջավայրում

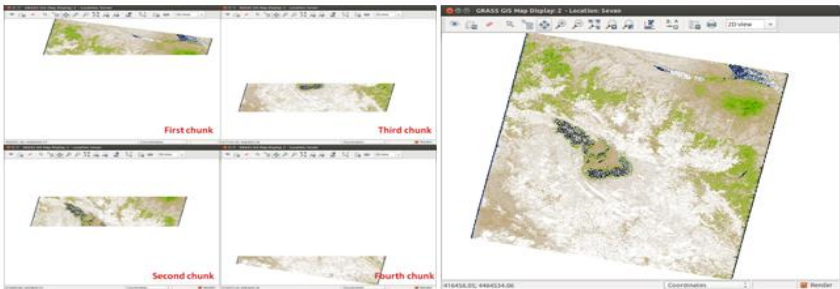
GRASS-ի *i.vi* մոդուլի, մասնավորապես, երբ  $vi = NDVI$ , աշխատանքի ժամանակ այդ երկու տիրույթները սող առ սող բեռնվում են օպերատիվ հիշողության մեջ, որտեղից հաջորդաբար վերցվում են սյունները, կատարվում է *NDVI* -ի հաշվարկը և հաշվարկված յուրաքանչյուր պիկսել ուղարկվում է ելքային պատկերի իրեն համապատասխանող տեղը: Այդ գործողությունը կատարվում է մինչև վերջին սողը:

**Բաժին 2.3-ում** նկարագրված է GRASS ծրագրային փաթեթի *i.vi* բուսականության մոդուլի զուգահեռացված ալգորիթմը տարաբաշխված հաշվողական միջավայրում, որը առաջարկվել է Շամիմ Ախտերի կողմից<sup>3</sup>: Ըստ այդ

<sup>3</sup> S. Akhter, K. Aida and Y. Chemin, GRASS GIS ON HIGH PERFORMANCE COMPUTING WITH MPI, OPENMP AND NINF-G PROGRAMMING FRAMEWORK, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan 2010, pp. 580-585

մոտեցման *i.vi* մոդուլը զուգահեռացված է կլաստերային միջավայրում՝ MPI-ի ղեկավար-կատարող (master-worker) հիմնօրինակով, որի համաձայն ղեկավար պրոցեսորը մուտքային պատկերները տրոհում է ըստ տողերի և ուղարկում կատարող պրոցեսորներին: Վերջիններս կատարում են իրենցից պահանջվող հաշվարկը և ուղարկում հետ՝ ղեկավար պրոցեսորին, որը միավորելով հաշվարկված տողերը՝ ստանում է պահանջվող բուսականության ինդեքսի հաշվարկված ելքային պատկերը:

**Բաժին 2.4-ում** նկարագրված է բուսականության ինդեքսների հաշվարկման համար մշակված զուգահեռացման ալգորիթմն ըստ ենթատարածաշրջանների: Ալգորիթմի իրականացված է երեք փուլով՝ պատկերի տրոհում, բուսականության ինդեքսի հաշվարկ և ենթապատկերների միաձուլում: Համաձայն ալգորիթմի, առաջին փուլում մուտքային պատկերը տրոհվում է ենթապատկերների, որոնց քանակը հավասար է զուգահեռացման համար ընտրված միջուկների քանակին: Եկրորդ փուլում կատարվում է բուսականության ինդեքսի հաշվարկ բոլոր ստացված ենթապատկերների համար: Երրորդ փուլում կատարվում է հաշվարկված ենթապատկերների միաձուլում (նկ.3), որը իրականացվել է աշխարհատարածական պատկերները սպասարկող GDAL գրադարանի *gdal\_merge.py* ենթածրագրի միջոցով: Վերջինս աշխատում է GRASS միջավայրից դուրս, ուստի բոլոր ենթապատկերները (ենթատարածաշրջանները) արտահանվում են և միաձուլումը կատարվում է GRASS-ից դուրս: Նկարագրված ալգորիթմը իրականացնելու համար գրվել է UNIX Shell սկրիպտ՝օգագործելով “Bash” հրահանգների լեզուն, որը ամբողջությամբ ներկայացված է ատենախոսության մեջ՝ հավելված 1-ում:



Նկ.3 NDVI –ի զուգահեռ հաշվարկման համար չորս պրոցեսորների աշխատանքի արդյունքում ստացված ենթապատկերները և ելքային պատկերը:

**Բաժին 2.5-ում** ատենախոսության շրջանակներում ներկայացված բուսականության ինդեքսների հաշվարկման երեք եղանակների միջև կատարվել է համեմատական վերլուծություն, իսկ առաջարկվող ալգորիթմի համար կատարվել են բազմաթիվ փորձեր: Տարբեր չափսերի պատկերների վրա հաշվարկվել են բուսականության ինդեքսները, որոնց գուգահեռացումը կատարվել է 2-8 միջուկների վրա: Առաջարկվող ալգորիթմի առանձնահատկությունը կայանում է նրանում, որ ի տարբերություն գոյություն ունեցող ալգորիթմի, որտեղ գուգահեռացումը կատարվում է ըստ հանգույցների, այս դեպքում բացակայում է հանգույցների միջև ինֆորմացիայի փոխանցումը, քանի որ այստեղ գուգահեռացումը կատարվում է ըստ հանգույցի միջուկների: Իսկ կատարված փորձերի հիման վրա յուրաքանչյուր ինդեքսի համար՝ կախված նկարի չափսից ընտրվել է միջուկների օպտիմալ քանակ՝

$$core(size) = \begin{cases} 1 & \text{if } size \leq 64MB, \\ 2 & \text{if } size \leq 256MB, \\ 4 & \text{if } size \leq 1024MB, \\ 8 & \text{if } size > 1024MB, \end{cases}$$

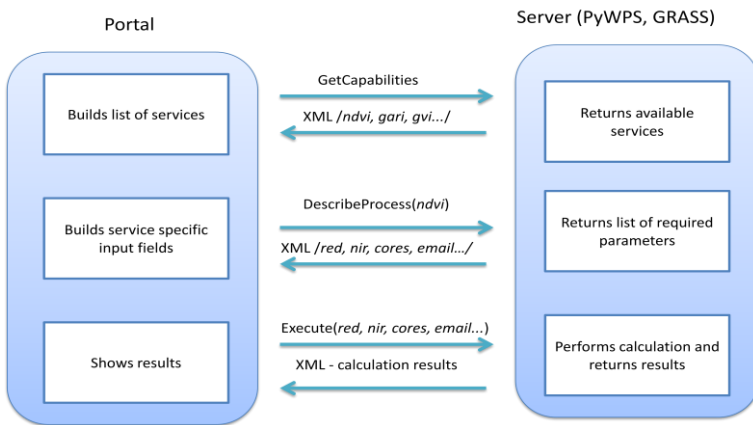
**Գլուխ 3-ում** ներկայացվել են ԵՏՀ –ի գոյություն ունեցող հիմնօրինակները, կատարվել է համեմատական վերլուծություն նրանց միջև, որպեսզի ատենախոսության շրջանակներում կատարված աշխատանքում ընտրվի դրանցից հարմարավետը: Ինչպես նաև տրվել է աշխարհագրական պորտալի գաղափարը և առաջարկվել է ստեղծել ԵՏՀ որոշ հիմնարար ծառայություններ մատուցող աշխարհագրական պորտալ:

**Բաժին 3.1-ում** նկարագրվել է ԵՏՀ հիմնօրինակների ստեղծման անհրաժեշտությունը և կիրառական նշանակությունը: Տարածական տվյալները վեր-միջավայրում ներկայացման և կիրառման համար ԵՏՀ ոլորտի միջազգային կազմակերպությունները զբաղվում են հիմնօրինակների ստեղծման և զարգացման խնդիրներով: Հետագուտվել են ԵՏՀ հիմնօրինակների ֆունկցիոնալ հնարավորությունները, յուրաքանչյուրի մատուցած ծառայությունները և աշխատանքում առաջարկվող բուսական ծածկույթի գնահատման ծառայությունների աշխարհագրական պորտալի մշակման համար օգտագործվել են աշխարհատարածական բաց կոնսոբցիումի(OGC) վեր-ծառայություններ մատուցող WPS և KML հիմնօրինակները:

**Բաժին 3.2-ում** ներկայացվել են գոյություն ունեցող առավել հայտնի աշխարհագրական պորտալները, նրանց դերն ու նշանակությունը: Աշխարհագրական պորտալը տարածական տվյալների հետ աշխատելու

ծրագրային-տեխնիկական ապահովման միջոց է, որն օգտագործողին ապահովում է աշխարհագրական ծառայություններ մատուցելով՝ տարածական (աշխարհագրական) տվյալներ պահելու, հրապարակելու, ներբեռնելու և վերբեռնելու, որոնելու, ըստ մետատվյալների ֆիլտրում կատարելու, ինչպես նաև վեբ-վիզուալիզացում իրականացնելու համար և քարտեզագրական վեբ-ծառայությունների միջոցով ապահովում աշխարհագրական տվյալների անմիջական հասանելիությունը:

**Բաժին 3.3-ում** տրվել է առաջարկվող աշխարհագրական պորտալի նկարագրությունը, կառուցվածքը և աշխատանքը (նկ.4): ԵՏՀ և տարաբաշխված հաշվողական ենթակառուցվածքների ինտեգրման համար առաջարկվել է մշակել աշխարհագրական պորտալ, որը թույլ կտա կատարել աշխարհատարածական տվյալների մշակում, մասնավորապես, տիեզերական պատկերներից երկրատեղեկատվության համար մեծ նշանակություն ունեցող բուսականության ինդեքսների ստացում[3][4]:



Նկ.4 Պորտալի աշխատանքի կառուցվածքը

Աշխարհագրական պորտալի ստեղծման համար դրվել են հետևյալ պահանջները՝

- ✓ օգտագործողին մոտ(user-friendly) երկրատեղեկատվական ծառայությունների մատուցում.
- ✓ բարդ երկրատեղեկատվական հաշվարկների օպտիմիզացում՝ զուգահեռ ալգորիթմների և միջոցների մշակման հենքի վրա.
- ✓ անհրաժեշտության դեպքում զուգահեռ հաշվողական ռեսուրսների և ենթակառուցվածքների կիրառում.

✓ բաց կողով ծրագրային միջոցների և ԵՏՀ միջազգային հիմնօրինակների օգտագործում.

Վերը նշված պահանջները բավարարելու համար բազմաթիվ հետազոտությունների արդյունքում ընտվել են լավագույն մեխանիզմները և տրվել են հետևյալ լուծումները՝

➤ Պորտալում հնարավորինս նվազագույնի են հասցված օգտագործողից պահանջվող գործողությունները: Հիմքում ընկած մի քանի բարդ ծրագրային փաթեթների համատեղ օգտագործումը քողարկված է շատ պարզ վեբ ինտերֆեյսի տակ, որտեղ աշխատանքի իրականացման համար օգտագործողից պահանջվում է տրամադրել միայն մուտքային տվյալներ:

➤ Պորտալը որպես երկրատեղեկատվական ծառայություն իրականացնում է տիրեզերական պատկերների միջոցով բուսականության ինդեքսների ստացում, որը հնարավոր է իրականացնել զուգահեռ և հաջորդական եղանակներով:

➤ Եթե օգտագործողի կողմից պահանջվող հաշվարկման ենթակա բուսականության ինդեքսների քանակը մեկից ավելի է, դեկավար հանգույցը յուրաքանչյուր ինդեքսի հաշվարկման համար տրամադրում է առանձին հանգույց, իսկ հանգույցի շրջանակում էլնելով ինդեքսի բարդությունից և մուտքային պատկերի չափսերից որոշում է հաշվարկման համար ահրաժեշտ միջուկների(core-երի) քանակը: Հակառակ դեպքում զուգահեռացումը կատարվում է մեկ հանգույցի շրջանակում՝ ըստ միջուկների:

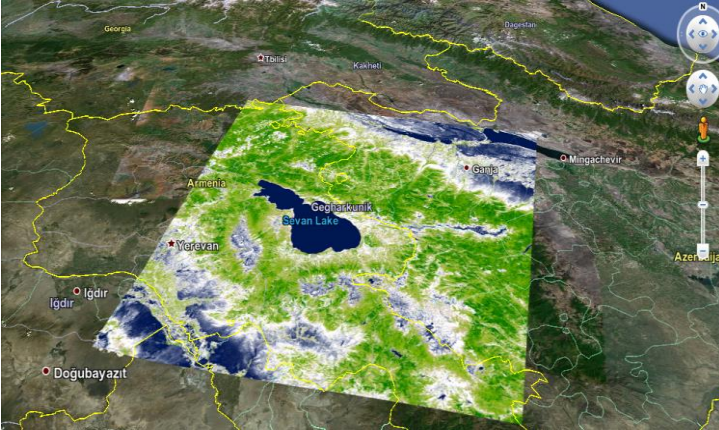
➤ Որպես ծրագրային ապահովման միջոց ընտրվել է GRASS ծրագրային փաթեթը: Հաշվի է առնվել այն հանգամանքը, որ GRASS –ը լայնորեն կիրառելի է երկրատեղեկատվական ոլորտում, տրամադրվում է բաց ծրագրային կոդով (open source է), աշխատում է unix/linux օպերացիոն համակարգերում և անվճար է: Պորտալի մշակման համար ընտրվել է վեբ-կայքեր ստեղծելու և տվյալները կառավարելու համար նախատեսված Joomla անվճար համակարգը: Ինչպես նաև օգտագործվել են աշխարհատարածական բաց կոնտրոլումի վեբ-ծառայություններ տրամադրող հիմնօրինակներ:

**Բաժին 3.4-ում** նկարագրված են պորտալի մատուցած ծառայությունները:

Պորտալում գրանցվելուց և մուտք գործելուց հետո օգտագործողին հասանելի են դառնում պորտալում առկա ԵՏՀ ծառայությունների բացատրությունները և դրանցից օգտվելու համար անհրաժեշտ տվյալների նկարագրությունները: Օգտագործողին առաջարկվում է ընտրել ներկայացված բուսականության ինդեքսներից որևիցե մեկը: Հաշվարկվող ինդեքսն ընտրելուց հետո հայտնվում են մուտքային տվյալները(պատկերները) ներբեռնելու պատուհանները, մուքային տվյալները ներբեռնելու համար առաջարկվում է հետևյալ երեք եղանակները՝

- Տվյալները ներբեռնվում են օգտագործողի անձնական օգտագործման համակարգչից (gzip ընդլայնումով սեղմված տվյալները նույնպես թույլատրելի են):
- Նշվում է տվյալների URL –ները՝ FTP կամ HTTP:
- Նշվում են GeoTiff ընդլայնման ռաստրային տվյալներ, որոնք տրամադրվում են ԵՏՀ WCS հիմնօրինակի կողմից:

Հաշվարկվող ինդեքսի ընտրությունը կատարելուց և մուտքային տվյալները ներբեռնելուց հետո, ըստ օգտատիրոջ ցանկության, ընտրվում է ինդեքսի հաշվարկման եղանակը՝ հաջորդական կամ գուգահեռ՝ նշելով միջուկների քանակը: Լռելիությամբ հաշվարկն իրականացվում է՝ օգտագործելով միջուկների օպտիմալ քանակություն: Պորտալում հնարավոր է նաև նշել օգտագործողի էլ. հասցեն՝ արդյունքները ստանալու համար: Ինդեքսի հաշվարկը կատարելուց հետո վերադարձվում է որոշակի տեղեկատվություն կատարված աշխատանքի վերաբերյալ՝ զուտ ինդեքսի հաշվարկի ժամանակը, համաձայն ալգորիթմի՝ համախմբելու ժամանակը, այդ երկու գործողությունների ժամանակը միասին վերցված, GRASS ծրագրային ապահովման միջոցի աշխատանքի ժամանակը, ինչպես նաև պորտալի աշխատանքի ընդհանուր ժամանակը՝ ներառյալ ցանցի միջոցով տվյալների ներբեռնման վրա ծախսված ժամանակը: Ինդեքսի հաշվարկման արդյունքում ստացված էլքային պատկերը բացի պորտալում վիզուալիզացումից, օգտագործողին տրվում է հնարավորություն ներբեռնելու GeoTIFF և PNG ֆորմատներով, Երկրի բուսական ծածկույթի գնահատման համար NDVI բուսականության ինդեքսը հաշվարկելուց հետո օգտագործողին տրվում է հնարավորություն կատարելու ստացված պատկերի վիզուալիզացիա՝ նախապես պահանջվելով KML ֆայլի գեներացում, տրվում է այդ ֆայլը ներբեռնելու հնարավորություն, որը հնարավոր է ցուցադրել Google Map-ի վրա(նկ.5): Օգտագործողին տրվում է նաև հաշվարկվող ինդեքսի արժեքների սանդղակն ըստ էլքային պատկերի գունավորման համար օգտագործված գույների: Եվ վերջապես տրվում է տվյալ հաշվարկը բնութագրող WPS URL -ը, որի օգնությամբ հնարավոր է նույն հաշվարկը կատարել առանց պորտալ մուտք գործելու:



Նկ.5 KML-ի միջոցով NDVI ցուցադրումը Google Map-ի վրա

**Բաժին 3.5-ում** նկարագրված են աշխարհագրական պորտալի համար մշակված երկու ծառայություններ: Դրանք են պորտալի Workflow և NDVITS (NDVI time series analyses)՝ NDVI-ի ժամանակային վերլուծություն ծառայությունները: Առաջին ծառայության միջոցով հնարավոր է միաժամանակ կատարել մեկից ավելի բուսականության ինդեքսների հաշվարկ: Այս դեպքում օգտագործվում է հաշվարկվող ինդեքսների քանակին համարժեք հանգույցներ՝ յուրաքանչյուր ինդեքսի հաշվարկման աշխատանքը կատարվում է առանձին հանգույցի վրա:

Երկրի բուսական ծածկույթի մոնիտորինգի իրականացման համար անհրաժեշտ է հետազոտել միևնույն տեղանքի տարբեր ժամանակահատվածներում արված պատկերները, որն իրականացնելու համար պորտալում մշակված է NDVITS ծառայությունը: Այն իրենից ներկայացնում է որևէ տարածաշրջանի տարբեր ժամանակաշրջաններում արված պատկերների NDVI -ների հաշվարկումը, դրանց վերլուծությունն ու համեմատումը: Ընտրվում է հետազոտության կատարման ժամանակահատվածը՝ ըստ տարեթվերի, ինչպես նաև թե տարվա որ եղանակի համար է կատարվելու հետազոտությունը կամ թողնել որ այն կատարվի բոլոր եղանակների համար: Օգտագործողը նաև կարող է պահանջել հաշվարկված NDVI -ների հիման վրա գեներացնել տեսահոլովակ: Աշխատանքի ավարտից հետո վիճակագրական հաշվարկներ իրականացնող  $R$  ծրագրի NDVITS մոդուլը հաշվարկված NDVI պատկերների հիման վրա ըստ յուրաքանչյուր պիկսելի կատարում է համեմատական վերլուծություն և կառուցում է համապատասխան գրաֆ, որը ցուցադրվում է պորտալում և ուղարկվում է օգտագործողի էլ. հասցեին (նկ.6):





Նկ.6 NDVITS ծառայության իրականացման վերլուծության գրաֆը

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

1. Երկրագնդի բուսական ծածկույթը քանակապես և որակապես բնութագրող բուսականության ինդեքսների ստացման համար մշակվել է զուգահեռ ալգորիթմ[1-2]:
2. Մշակվել են ծրագրային միջոցներ, որոնք հնարավորություն են տալիս OGC հիմնօրինակի օգտագործմամբ ԵՏՀ բարդ ծառայությունների հաշվարկը իրականացնել բարձր արտադրողականությամբ հաշվողական համակարգերում [3-4]:
3. ԵՏՀ բուսականության ինդեքսների հաշվման և նրանց ժամանակային վերլուծության իրականացման համար մշակվել է աշխարհագրական պորտալ [4]:

## ՀՐԱՊԱՐԱԿՎԱԾ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՑԱՆԿ

- [1] Albert G. Saribekyan, “Performance of NDVI Index on HPC Resources”, Transactions of IIAP NAS RA, Mathematical Problems of Computer Science, vol. 39, pp. 48-53, 2013
- [2] Albert G. Saribekyan, “A Parallel Algorithm for Geoprocessing of Vegetation Indices”, Transactions of IIAP NAS RA, Mathematical Problems of Computer Science, vol. 40, pp. 39-43, 2013.
- [3] H. Astsatryan, W. Narsisian, V. Ghazaryan, A. Saribekyan, Sh. Asmaryan, V. Muradyan, Y. Guigoz, G. Giuliani, N. Ray, Toward to the Development of an Integrated Spatial Data Infrastructure in Armenia, Proceedings of the ICT Innovations 2012 Conference, 12-15 of September 2012, Ohrid, Macedonia. ISSN 1857-7288, pp. 85-93
- [4] H. Astsatryan, A. Hayrapetyan, W. Narsisian, A. Saribekyan, Sh. Asmaryan, A. Saghatlyan, V. Muradyan, Y. Guigoz, G. Giuliani, N. Ray; “An interoperable web portal for parallel geoprocessing of satellite image vegetation indices”, Springer Earth Science Informatics, Vol. 7, June 2014; DOI:10.1007/s12145-014-0165-3

**Ա.Գ. Տարիբեկյան**

### **Разработка ГИС сервисов по оценке растительного покрова в параллельных вычислительных инфраструктурах**

#### **РЕЗЮМЕ**

Сбор, обобщение, систематизация и обработка данных по окружающей среде являются одной из основных задач современной науки. Однако для продуктивной интерпретации подобной информации необходимо правильное и четкое отображение данных. Научные исследования в области окружающей среды с помощью метода дистанционного зондирования являются средством получения разнотипной информации о растительном покрове Земли, научно-практическое значение которого постоянно растет.

Для реализации программного обеспечения в области исследований окружающей среды неизбежным становится применение геоинформационных систем (ГИС), которые являются средством переработки важной разнотипной информации, содержащейся в полученных методом дистанционного зондирования снимках Земли

(географические данные). Благодаря этим снимкам, применение ГИС позволяет исследовать весь земной покров. Поэтому, в зависимости от исследуемой предметной области, с помощью ГИС решается ряд важных проблем.

Существует ряд средств программного обеспечения ГИС. Программные средства ГИС с открытым программным кодом позволяют разработчикам вносить изменения в программы, исходя из поставленных перед ними задач. ГИС требует приобретения, хранения и поиска пространственных данных, визуализации и обработки данных в сжатые сроки. Поэтому возникает необходимость использовать для решения сложных задач ГИС ресурсы параллельных вычислительных систем. Развитие параллельных вычислительных систем обусловлено широкоперспективными применениями в научной, научно-технической и прикладной областях.

В основном, эти системы предназначены для таких задач, решение которых в традиционных однопроцессорных системах приводит к различным ограничениям. Разработка алгоритмов и создание программных средств для данных систем, предлагающих ряд сервисов, являются важным фактором, позволяя достигать больших успехов в разных областях. Следовательно, возникает необходимость создания такой среды, которая позволит пользователям преодолеть препятствия и трудности в использовании ГИС и вычислительных систем, используя в случае необходимости ресурсы параллельных вычислительных систем, что будет особенно полезно для пользователей, не владеющих специальными навыками и знаниями. Поэтому предложенные в работе постановка проблемы и решения направлены на решение вышеуказанных задач.

**Цель работы** - разработать для исследования растительного покрова геопортал соответствующих международным стандартам ГИС сервисов по оценке растительного покрова, который при необходимости может использовать ресурсы параллельных вычислительных систем.

Исследования проводились в следующих направлениях:

- Создать географический портал, предназначенный для расчета вегетационного индекса в ГИС и выполнения временного анализа.
- Разработать программные средства, которые обеспечивают использование ресурсов параллельных вычислительных систем.
- Для получения вегетационных индексов в ГИС разработать параллельный алгоритм.

#### **Научная новизна**

- Разработан параллельный алгоритм получения вегетационных индексов, основанный на распараллеливании по ядрам узлов.
- Создан предоставляющий геоинформационные сервисы географический портал, который при необходимости использует параллельные вычислительные системы. В качестве базового программного средства использован программный пакет GRASS.

## **Применяемость результатов**

Параллельный алгоритм, предложенный для получения вегетационных индексов, позволяет получать данные индексы в сжатые сроки, а созданный географический портал дает пользователю возможность выполнять дистанционные расчеты, не владея навыками использования вычислительных систем и без инсталляции программных средств ГИС в локальных системах, а также пользоваться некоторыми ГИС сервисами.

## **На защиту выносятся следующие положения**

- Исследованы существующие последовательные и параллельные способы получения вегетационных индексов и выделен новый алгоритм параллельного вычисления.
- Создан географический портал, который позволяет параллельным способом получать вегетационные индексы, визуализировать, получать время выполнения работы.
- Для расчета более одного вегетационного индекса и для выполнения их временного анализа разработаны дополнительные сервисы.

## **Основные результаты диссертации**

1. Для получения вегетационного индекса, количественно и качественно характеризующего растительный покров Земли, разработан параллельный алгоритм [1-2].
2. Разработаны программные средства, позволяющие выполнять расчеты сложных ГИС сервисов в высокопродуктивных вычислительных системах, используя стандарты Открытого Геопространственного Консорциума (OGC) [3-4].
3. Разработан географический портал для расчета вегетационных индексов в ГИС и выполнения временного анализа [4].

**Development of GIS services for assessing vegetation cover in parallel computing infrastructures**

**Summary**

Environmental data collection, generalization, systematization and treatment are one of the basic tasks of modern science. However, to efficiently interpret such information, appropriate and accurate visualization of data is required. Environmental researches through a remote sensing method is a tool for obtaining a multi-type information about the vegetation cover of the Earth, the scientific and practical value of which has been steadily increasing.

For implementing a software support to scientific cooperation in the area of environment, application of geo-information systems (GIS) as tools of treatment of essential multi-type information contained in remote sensing images of the Earth (geographic data) has become imperative. Due to images obtained by remote sensing methods, application of GIS allows investigating the entire cover of the Earth. So, depending on a study area, GIS helps solve a number of essential problems.

There exists a number of GIS software. The open source GIS softwares enable developers to make changes to programs in terms of tasks set before them. GIS requires spatial data purchasing, storing, searching and data visualization and treatment within a short period of time. Hence, a necessity emerges to use the resources of parallel computing systems for solving complex GIS problems. Development of parallel computing systems is determined by wide perspective applications in scientific, scientific- and- technological and applied research areas.

Basically, such systems are designed for problems, the solving of which in traditional single processor systems brings to diverse restrictions. Development of algorithms and creation of computer softwares for the given systems offering a set of services, are an essential factor contributing to a breakthrough in different areas. Consequently, a necessity emerges to create such an environment which will enable users to overcome barriers and manage hardships in application of GIS and computing systems through performance of geo-informational calculations, employing -if needed- resources of parallel computing systems, that will be particularly helpful to users having no special skills and knowledge. Therefore, the problem statement and solutions proposed in the thesis pursue solution of the problems described earlier.

**The research goal** is to develop for a vegetation cover research and in compliance with international criteria a geoportal of GIS services for assessing vegetation cover which may use the resources of parallel computing systems in case of need.

The researches covered the following directions:

- To develop a geography portal designed for calculation of a vegetation index in GIS and implementation of a time-series analysis.

- To develop computer softwares which support application of resources of parallel computing systems.
- To develop a parallel algorithm to derive vegetation indices in GIS.

### **Scientific novelty**

- A parallel algorithm for derivation of vegetation indices has been developed based on parallelization per node cores.
- A geography portal providing geo-informational services has been developed which employs parallel computing systems if necessary. As a basic software tool a GRASS program package was used

### **Applicability of the results**

A parallel algorithm proposed for deriving vegetation indices helps derive such indices within a short period of time, whereas the developed geography portal enables users to perform remote calculations with no skills in the application of computing systems and without installing GIS softwares on local systems, as well as to use some of GIS services.

### **The following statements are presented for defense**

- The existing sequential and parallel methods of derivation of vegetation indices have been studied and a new parallel computation algorithm selected.
- A geography portal has been developed which allows to derive vegetation indices by a parallel method, visualize and derive a performance time.
- For calculating more than one vegetation indices and implementing a time-series analysis additional services have been developed.

### **The main results of the thesis are**

1. To derive a vegetation index quantitatively and qualitatively characterizing the vegetation cover of the Earth a parallel algorithm has been developed [1-2].
2. Computer softwares have been developed which enable computation of complex GIS services in high productivity computing systems and employing OGC standards [3-4].
3. A geography portal has been developed for the calculation of vegetation indices in GIS and implementation of a time-series analysis [4].



Ծավալը՝ 24 էջ: Տպաքանակը՝ 100:  
ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ կոմպյուտերային պոլիգրաֆիայի լաբորատորիա:  
Երևան, Պ. Սևակի 1