

**ՀՀ ԳԱԱ ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱՅԻ ԵՎ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՄԱՆ ՊՐՈՒԼԵՄՆԵՐԻ  
ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ**

**Զարարյան Մանուկ Կարենի**

**ՏԵՄԱՀԱԶՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ ԵՎ  
ՀԱՏՎԱԾԱՎՈՐՄԱՆ ԱԼԳՈՐԻԹՄՆԵՐԻ ԵՎ ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ՀԱՄԱԼԻՐԻ  
ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Ե.13.05 – «Մաթեմատիկական մոդելավորում, թվային մեթոդներ և ծրագրերի համալիրներ» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

**ՍԵՂՄԱԳԻՐ**

Երևան 2017

---

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ НАН РА**

**Закарян Манук Каренович**

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ ДЛЯ  
ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СЕГМЕНТАЦИИ  
ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05– “Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ”

Ереван 2017

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Ռուս-Հայկական (Սլավոնական) համալսարանում:

Գիտական ղեկավար՝ տեխ. գիտ. դոկտոր Դ.Գ.Ասատրյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ ֆիզ.մաթ.գիտ. դոկտոր Մ.Ե.Հարությունյան  
տեխ.գիտ.թեկնածու Գ.Ա.Պետրոսյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2017թ. հունիսի 22-ին ժ. 17:00-ին ՀՀ ԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտում գործող 037 “Ինֆորմատիկա” մասնագիտական խորհրդի նիստում, հետևյալ հասցեով՝ Երևան, 0014, Պ. Սևակի 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԻԱՊԻ գրադարանում: Սեղմագիրն առաքված է 2017թ. մայիսի 22-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական

քարտուղար ֆ.-մ.գ.դ.



Հ.Գ. Սարգսյան

Тема диссертации утверждена в Российско-Армянском (Славянском) университете.

Научный руководитель: доктор тех. наук Д. Г. Асатрян

Официальные оппоненты: доктор физ.мат.наук М.Е.Арутюнян  
кандидат тех.наук Г.А.Петросян

Ведущая организация: Национальный политехнический университет Армении

Защита состоится 22-го июня 2017г. в 17:00ч. на заседании специализированного совета 037 “Информатика” Института 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 22-го мая 2017г.

Ученый секретарь специализированного

совета д.ф.-м.н.



А.Г. Сарухянян

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

### **Թեմայի արդիականությունը:**

Ամեն տարի հեռուստատեսային ալիքները և կինոարտադրությամբ զբաղվող ընկերությունները արտադրում են հսկայական քանակությամբ տեսանյութեր: Վերջին տարիներին թվային տեսախցիկների մասսայականությունը, բջջային հեռախոսների վրա բազմաֆունկցիոնալ տեսախցիկների առկայությունը, այնպիսի ծրագրային հավելվածների առկայությունը, ինչպիսիք են YouTube-ը, Google Video-ն և զանազան տեսակայքերը, հնարավորություն են տալիս տեսանյութերը ներբեռնել անսահմանափակ քանակությամբ:

Համակարգիչները և տեսահաջորդականությունների փնտրման և մշակման համար նախատեսված համակարգերը մարդուն պետք է հնարավորություն տան այս հսկայածավալ տեսանյութերի մեջ ավտոմատ եղանակով փնտրելու և գտնելու անհրաժեշտ ինֆորմացիան:

Համակարգչային տեխնիկայի արագագործության և հիշողության ծավալների անընդհատ աճի շնորհիվ նման որոնումները դառնում են ավելի և ավելի իրատեսական և արդյունավետ:

Միաժամանակ առաջանում են նոր խնդիրներ, որոնք վերաբերում են տեսահաջորդականության դինամիկ մշակմանը, ներառյալ դրա հատվածավորման, ինդեքսավորման և բովանդակային վերլուծության հարցերը:

Ներկայումս այդ խնդիրներով ամբողջ աշխարհում կատարվում են գիտական հետազոտություններ, որոնց արդյունքում առաջարկվել են տարբեր մոտեցումներ և ալգորիթմներ, ստեղծվել են ծրագրային արդյունավետ միջոցներ: Սակայն, ինչպես ցույց է տալիս գիտական գրականության վերլուծությունը, այդ մոտեցումները հիմնականում օգտագործում են պատկերների մշակման դասական մեթոդները, որոնք որոշ կարևոր խնդիրների լուծման համար պակաս արդյունավետ են: Մյուս կողմից, պատկերների մշակման բնագավառում վերջին տարիներին առաջարկվել են նոր մոտեցումներ, որոնց կիրառումը տեսահաջորդականությունների ավտոմատ մշակման տեսակետից ավելի ճկուն են և արդյունավետ: Ընդ որում, դրանք հենվում են պատկերի կառուցվածքային և բովանդակային հատկությունների օգտագործման վրա, իսկ ստացվող արդյունքներն ավելի ընկալելի են մարդու տեսողական համակարգի (ՄՏՀ) համար:

Վերոհիշյալ հանգամանքները տվյալ ատենախոսության թեման դարձնում են արդիական և առաջադրում են նոր մեթոդաբանության մշակման խնդիրներ:

**Աշխատանքի նպատակն է** մշակել տեսահաջորդականության դինամիկ հատվածավորման, ինդեքսավորման և բովանդակային օրինաչափությունների

հայտնաբերման արդյունավետ մեթոդներ և ծրագրային միջոցներ, օգտագործելով ստացվող պատկերների կառուցվածքային հատկությունները:

Ատենախոսության նպատակին հասնելու համար լուծվել են հետևյալ **խնդիրները՝**

1. Մշակել տեսահաջորդականության դինամիկ վերլուծության և հատվածավորման մաթեմատիկական մոդել՝ պատկերի գրադիենտային դաշտի՝ որպես դրա կառուցվածքի բնութագրի, հատկությունների օգտագործմամբ: Մշակել համապատասխան ալգորիթմներ, ինչպես նաև դրանց որակի գնահատման մեթոդ:
2. Մշակել տեսահատվածի բնութագրիչ կադրի ընտրության և ինդեքսավորման արագագործ ալգորիթմ:
3. Մշակել տեսահատվածի բովանդակության փոփոխության օրինաչափությունների բնութագրման թվային մեթոդ:
4. Ստեղծել ծրագրերի համալիր՝ մշակված ալգորիթմների իրականացման համար:

#### **Գիտական նորույթ:**

- Մշակվել է թվային տեսահաջորդականության դինամիկ վերլուծության նոր ընթացակարգ, որը հիմնված է կադրերի կառուցվածքային հատկությունների մոդելավորման և օգտագործման վրա:
- Մշակվել է տեսահաջորդականության դինամիկ հատվածավորման մաթեմատիկական մոդել և համապատասխան ալգորիթմ, որը հիմնված է պատկերի գրադիենտային դաշտի Վեյբուլյան բաշխվածության վրա:
- Առաջարկվել է տեսահաջորդականության ինդեքսավորման արագագործ մեթոդ, որը տեսահատվածի յուրաքանչյուր կադրի համար օգտագործում է հատվածավորման ընթացքում ստացված երկու պարամետրերի արժեքները:
- Առաջարկվել է տեսահաջորդականության տեսահատվածների բովանդակության փոփոխության օրինաչափությունների հայտնաբերման և բնութագրման թվային մեթոդ:

#### **Կիրառական նշանակությունը:**

- Ստեղծված համալիրը հնարավորություն է տալիս կատարելագործելու տեսահաջորդականության հատվածավորման և ինդեքսավորման ընթացակարգը՝ մեծացնելով դրանց ճշտությունը և արագագործությունը:
- Տեսահաջորդականության ինդեքսավորման և հատվածների բովանդակային վերլուծության առաջարկված ընթացակարգը մեծացնում է տվյալների մեծ հենքերում թեմատիկ դրվագներ և այլ տիպի ինֆորմացիաներ փնտրելու արդյունավետությունը:

- Մոդելավորված համակարգը կիրառելի է նաև տեսահաջորդականությունների օգնությամբ դիտարկվող այլ բնույթի խնդիրներում (տրանսպորտի երթևեկության և ֆիզիկական պրոցեսների վերահսկում, տեսախցիկների միջոցով անվտանգության ապահովում և այլ):

**Հետազոտման մեթոդները:**

Աշխատանքում կիրառվել են՝

- Թվային պատկերների և տեսահաջորդականությունների մշակման և մեքենայական տեսողության մեթոդներ:
- Պատկերների նմանության, կառուցվածքային հատկությունների վերլուծության, թվային և տեսաարտապատկերման տեխնոլոգիաներ և մեթոդներ:
- Պատահական դաշտերի մոդելավորման և հետազոտման վիճակագրական մեթոդներ:

**Պաշտպանության ներկայացվող դրույթները:**

- Տեսահաջորդականության դինամիկ հատվածավորման ալգորիթմները և դրանց արդյունավետության հետազոտման մեթոդները:
- Տեսահաջորդականության հատվածների ինդեքսավորման մեթոդը, բնութագրիչ կադրի փնտրման և ընտրության ընթացակարգը:
- Մշակված ծրագրային համակարգը և դրա օգնությամբ ստացված փորձարարական արդյունքները:

**Ներդրումը:** Աշխատանքի արդյունքները ներդրված են կինոֆիլմերի, տեսաֆիլմերի և հեռուստահաղորդումների արտադրության գործունեություն ծավալող «ՍԱԹ-ՍԻՆԵՄԱ ՓՐՈԴԱՔՇՆ» ՍՊԸ-ում:

**Աշխատանքի փորձարկումը:** Ատենախոսության հիմնական արդյունքները զեկուցվել են.

- Ռուս-Հայկական (Սլավոնական) Համալսարանի 7-րդ տարեկան գիտաժողովում (2011թ.):
- Ռուս-Հայկական (Սլավոնական) Համալսարանում անցկացվող Միջազգային ասպիրանտական ֆորումում (2013թ.):
- 17-րդ, 18-րդ Համատեղ միջազգային գիտաժողովներում՝ ITA (2014-2015թթ.), Վարնա, Բուլղարիա:

**Հրապարակումները:** Ատենախոսության հիմնական դրույթները հրատարակված են 7 գիտական հոդվածներում:

**Ատենախոսության կառուցվածքը և ծավալը:** Ատենախոսությունը բաղկացած է 3 գլուխներից, եզրահանգումից, 95 անուն գրականության ցանկից և 2

հավելվածներից: Հիմնական տեքստը կազմում է 106 էջ, ընդգրկված են 45 նկար և 5 աղյուսակ:

## **ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ**

Աշխատանքի նախաբանում հիմնավորված է թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված են նպատակներն ու խնդիրները, ինչպես նաև պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները: Նշված են ստացված արդյունքների գիտական նորոյթը և դրանց գործնական նշանակությունը:

**Առաջին գլուխը** նվիրված է գրականության վերլուծությանը և հիմնական խնդրի արդի վիճակին: Առաջին ենթակետում ներկայացված է գրականության մեջ հայտնի մեթոդների ակնարկը, դրանց կարևորությունը և համեմատական վերլուծությունը:

Սահմանված է տեսահատվածի հասկացությունը (անգլիալեզու գրականության մեջ հայտնի է որպես shot), որն իրենից ներկայացնում է հաջորդական կադրերի շղթա, որը նկարահանվել է մեկ տեսախցիկի անընդմեջ աշխատանքի միջոցով:

Նկարագրվել են տեսահատվածների հայտնաբերման խնդիրներում լայնորեն կիրառվող հիմնական մեթոդները, որոնք են՝

- կետ առ կետ (փիքսելների) համեմատման մեթոդները
- վիճակագրական եղանակների վրա հիմնված մեթոդները
- ձևափոխությունների վրա հիմնված մեթոդները
- սյունապատկերների վրա հիմնված մեթոդները
- կառուցվածքային առանձնահատկությունների վրա հիմնված մեթոդները:

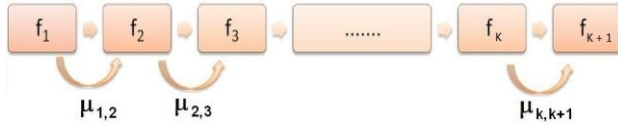
Այս գլխում ներկայացված է նաև անցումային սահմանների հայտնաբերման թվարկված մեթոդների հիմքում ընկած ալգորիթմների որակի գնահատման եղանակները:

Անդրադարձ է կատարվել տեսահաջորդականության տեսահատվածների անցման շեմային արժեքների որոշման առաջարկված մեթոդներին:

Հակիրճ նկարագրված է տեսահատվածի բնութագրիչ կադրի որոշման խնդիրները և դրա կիրառությունը որոնման խնդիրներում:

**Երկրորդ գլխում** ներկայացված է կադրերի նմանության կամ տարբերության համեմատման վրա հիմնված հայտնի մեթոդների ալգորիթմական վերլուծությունները, մաթեմատիկական ապարատի նկարագրությունը, դրանց առավելությունները և թերությունները:

Տեսահաջորդականության հատվածավորման կամայական ալգորիթմը օգտագործում է հարևան կադրերի նմանության գնահատականները: Հետևաբար, հատվածավորման ալգորիթմը սխեմատիկորեն կարելի է ներկայացնել հետևյալ ձևով (Նկ. 1):



Նկ. 1 Տեսահաջողականության հատվածավորման սխեմատիկ արտապատկերումը

Տեսահաջողականության կադրերը նշանակենք  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_k, \dots$ , իսկ համապատասխան հաջողական կադրերի նմանության մեծությունները նշանակենք  $\mu_{1,2}, \mu_{2,3}, \dots, \mu_{k,k+1}$ : Այն դեպքում, երբ  $\mu_{i,i+1} \leq t_c$ , որտեղ  $i = 1, 2, \dots, k-1$ , իսկ  $\mu_{k,k+1} > t_c$ , ապա  $k$ -րդ կադրը հանդիսանում է կտրուկ անցման սահմանային կադր: Այստեղ  $t_c$  նախապես ընտրված շեմային արժեքն է:

Բերված են պատկերների նմանության չափանիշների վերլուծությունը և դրանց ներկայացվող հիմնական պահանջները:

Այնուհետև հիմնավորված է հատվածավորման խնդրում պատկերների նմանության հայտնի  $W^2$  չափանիշի օգտագործումը, որը հիմնված է պատկերների կառուցվածքային հատկությունների վրա\*: Պատկերի կառուցվածքը բնորոշելու համար որոշվում են դրա գրադիենտային դաշտի ուղղաձիգ և հորիզոնական բաղադրիչները և մագնիտուդը, ընդունելով, որ վերջինս ունի Վեյբուլի բաշխում: Որպես երկու պատկերների նմանության չափանիշ ընդունվում է հետևյալ մեծությունը՝

$$W^2 = \frac{\min(b_1, b_2) \min(c_1, c_2)}{\max(b_1, b_2) \max(c_1, c_2)}, \quad (1)$$

որտեղ  $b_i, c_i$  պարամետրերը գնահատվում են այդ պատկերների մագնիտուդների նմուշների օգնությամբ՝ դրանց մոտարկելով Վեյբուլի բաշխմամբ: Որքան նման են համեմատվող պատկերները իրենց կառուցվածքով (այսինքն գրադիենտային դաշտերի նմուշային բաշխումներով), այնքան նման են համարվում այդ պատկերները:

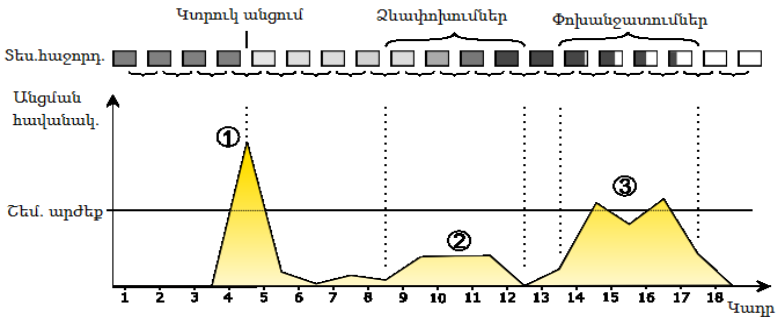
Կատարվել է հետազոտություն, որի նպատակն է մշակել Վեյբուլի բաշխման պարամետրերի վիճակագրական գնահատման արագագործ ալգորիթմ: Ալգորիթմի հիմքում ընդունում ենք պարզ մոտեցում, որը ենթադրում է համապատասխան հավասարման արմատները գտնել նախօրոք հաշված աղյուսակների օգնությամբ, կիրառելով ինտերպոլացման ալգորիթմ:

\* Asatryan D., Egiazarian K. Quality Assessment Measure Based on Image Structural Properties//Proc. of the International Workshop on Local and Non-Local Approximation in Image Processing.- Finland, Helsinki.-2009.- P. 70-73.

Այս գլխում նաև իրականացվել են փորձարական համեմատական վերլուծություններ պատկերների նմանության գոյություն ունեցող այլ չափանիշների և կառուցվածքային հատկությունների վրա հիմնված  $W^2$  մեծության միջև: Դիտարկվել են՝ սյունապատկերների համեմատման չորս եղանակներ՝  $X^2$  մեծությունը, Կորելացիաների մեթոդը, սյունապատկերների փոխհատման եղանակը և Բիատտաչարիայի հեռավորությունը: Վերլուծվել են այս մեթոդների առավելությունները և թերությունները: Օրինակների վրա ցույց է տրվել սյունապատկերների վրա հիմնված մեթոդների հիմնական թերությունը, որը պայմանավորված է լուսավորության փոփոխության և տարբեր պատկերների՝ միևնույն գունային բաշխում ունենալու հանգամանքով: Տարբեր մեթոդների համեմատման միջոցով ցույց է տրվել, որ առավել ճշգրիտ արդյունքներ ստացվում են  $W^2$  չափանիշի կիրառման դեպքում:

Երկրորդ գլխի մեջ ներառված են նաև տեսահաջորդականությունների հատվածավորման խնդիրներում կիրառվող շեմի հաշվարկման հիմնական եղանակները: Մասնավորապես, որպես շեմի հաշվարկի հիմնական եղանակներ ներկայացված են ֆիքսված շեմային արժեքի (կամ գլոբալ շեմի) մեթոդը և հարմարեցվող շեմի մեթոդը:

Նկ. 2-ում գրաֆիկորեն ցուցադրված է շեմային արժեքի կիրառությունը անցումային կետերը հայտնաբերելու համար: (1) -ով նշանակված է հայտնաբերված կտրուկ անցման կետը, (2)-ը մատնանշում է սահուն անցումը ձևափոխման եղանակով, իսկ (3)-ը՝ սահուն անցումը փոխանջատման եղանակով:



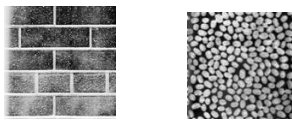
Նկ.2. Շեմային արժեքի միջոցով անցումների հայտնաբերման գրաֆիկական արտապատկերումը



Ատենախոսության մեջ առաջարկվել են երկու նոր մաթեմատիկական մոդելներ, որոնք թույլ են տալիս որոշել շեմային արժեքները նմանության PSNR և  $W^2$  մեթոդների համար:

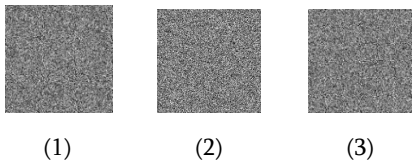
PSNR-ի դեպքում գլոբալ շեմի հաշվարկման համար առաջարկվել է հետևյալ մոտեցումը. երբ  $PSNR > 30$  dB-ից, ապա մարդու տեսողական համակարգը չի տարբերում երկու համեմատվող նկարները: Սակայն հարց է առաջանում, թե PSNR-ի ի՞նչ արժեքների դեպքում համեմատվող պատկերների մեջ այն որևէ նմանություն չի հայտնաբերում: Այս հարցի հնարավոր պատասխաններից ընտրենք այն, որն առավել համահունչ է ՄՏՀ-ի ընկալման հետ: Ինչպես հայտնի է, ՄՏՀ-ը պատկերից ընկալում է դրանում պարունակվող բովանդակային, կառուցվածքային ինֆորմացիան: Ուստի, եթե հետևենք նշված դրույթին, պետք է վերը տրված հարցին պատասխանելու համար կանգ առնենք երկու հիմնական իրավիճակների վրա, երբ պատկերների նմանություն չի ընկալվում՝

1. *Պատկերների կառուցվածքը էապես տարբեր է:* Այս դեպքում PSNR-ի մեծությունը կարող է ընդհուպ մոտենալ "0" արժեքին: Օրինակ, եթե ունենք երկու բինարացված պատկեր, որոնցից մեկը մյուսի հակադարձն է: Այդ դեպքում  $PSNR = 0$ : Դիտարկենք մեկ այլ օրինակ: Նկար 3-ում բերված են երկու տարբեր տեքստուրային պատկերներ, որոնց կառուցվածքային նմանությունը գրեթե բացակայում է: Այս դեպքում  $PSNR = 7.71$  dB:



Նկ. 3 Տեքստուրային պատկերներ, որոնց կառուցվածքային նմանությունը բացակայում է

2. *Պատկերում բացակայում է որևէ կառուցվածք:* Որպես օրինակ, Նկ. 4-ում բերված են մի քանի պատկերներ, որոնք ստացվել են մոդելավորման եղանակով միևնույն սպատումով նորմալ բաշխման համար, երբ  $\sigma = 40$ :



Նկ. 4. Պատկերներ, որոնց կառուցվածքը բացակայում է:

Այս օրինակների համար ստացվել են PSNR-ի հետևյալ արժեքները (Աղյուսակ 1)՝

Աղյուսակ 1. PSNR-ի արժեքները Նկ. 4-ում բերված պատկերների համար:

	Նկ. (1) -> (2)	Նկ. (1) -> (3)	Նկ. (2) -> (3)
PSNR (db)	13.04	13.05	13.03

Դիտարկենք վիճակագրական մոդել, որը հիմնված է այն ենթադրության վրա, որ հարևան կադրերը բաղկացած են փիքսելներից, որոնց ինտենսիվության արժեքները պատահականորեն են բաշխված:

Դիտարկվող վիճակագրական մոդելը առավել հստակեցնելու համար կենթադրենք, որ այդ բաշխումը նորմալ է, այսինքն՝  $X \sim N(m_j, \sigma_j)$   $j = 1, 2$ :

Երեք սիգմայի կանոնի համաձայն կունենանք՝

$$P\{-3\sigma_j \leq |X - m_j| \leq 3\sigma_j\} = 0.997: \quad (2)$$

Ուստի PSNR մեծությունը հաշվարկվում է հետևյալ կերպ՝

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{\Delta^2}{MSE^2}, \quad MSE^2 = \frac{1}{MN} \sum_m \sum_n [I_1(m, n) - I_2(m, n)]^2 \quad (3)$$

որտեղ  $\Delta = \max_{m,n} |I_1(m, n) - I_2(m, n)|$  պատկերի փիքսելների միջև դինամիկ տարբերության տիրույթն է:

Պարզության համար ենթադրենք, որ  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ ,  $m_1 = m_2$ ,  $M, N \gg 1$ :

Հետևաբար (3) բանաձևի մեջ տեղադրելով  $\Delta \approx 6\sigma$ ,  $MSE^2 \approx 2\sigma^2$ , կստանանք

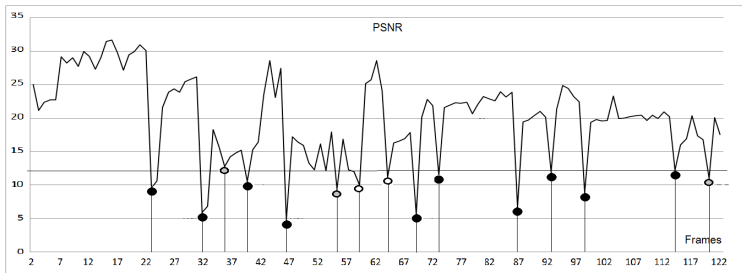
$$PSNR = 10 \log \frac{\Delta^2}{2\sigma^2} = 10 \log \frac{36\sigma^2}{2\sigma^2} \approx 12.5 \text{ dB}: \quad (4)$$

Եթե օգտվենք "երկու սիգմայի" կանոնից, կատարելով վերը բերված գործողությունները, կստանանք  $PSNR = 9.05$ :

Իրականացված բազմաթիվ փորձարկումներում, որոնք ներկայացվել են [1-4] գիտական հոդվածներում, ցուցադրվել է, որ շեմային արժեքի այս մեծությունները միանգամայն համահունչ են գործնականում ստացված արդյունքներին:

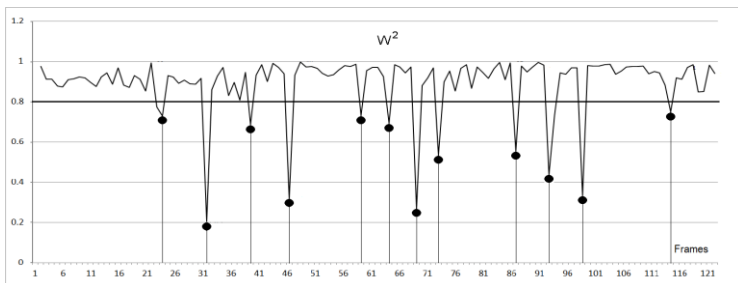
Ինչ վերաբերում է  $W^2$  չափանիշին, ապա բազմաթիվ փորձարկումները ցույց են տվել, որ  $t_c$  արժեքը  $W^2$  մեծության համար տատանվում է 0.6-ից 0.8-ի սահմաններում՝ կախված տեսահաջորդականության բովանդակությունից:

Նկար 5-ում և 6-ում ներկայացված են PSNR և  $W^2$  չափանիշների վրա հիմնված տեսահաջորդականությունների հատվածավորման օրինակներ, որոնք իրականացվել են հայտնի TRECVID վիդեո շտեմարանից վերցված նմուշի վրա:



Նկ. 5. Հատվածավորման արդյունքները PSNR-ի կիրառմամբ

Պատկերներում նշված ամբողջական շրջանները ցույց են տալիս իրական անցումները, մոխրագույն շրջանները կեղծ անցումներն են, իսկ սպիտակ շրջանները անցումներ են, որոնք գլոբալ շեմի հետ համեմատման ժամանակ չեն հայտնաբերվել:



Նկ. 6. Հատվածավորման արդյունքները  $W^2$  չափանիշի կիրառմամբ

Ինչպես երևում է PSNR-ի դեպքում ի հայտ են եկել կեղծ և չհայտնաբերված անցումներ, այն դեպքում, երբ  $W^2$ -ի կիրառմամբ անցումները հստակ են և ամբողջովին հայտնաբերված:

Հարմարեցվող շեմի համար, գրականության մեջ հայտնի մեթոդների ներկայացումից, համեմատական վերլուծությունից հետո, առաջարկվել է հարմարեցվող շեմի որոշման մեթոդ, որը կրկին կիրառվել է PSNR և  $W^2$  նմանության չափանիշների համար:

PSNR-ի դեպքում առաջարկվել է օգտագործել հետևյալ հարաբերությունը  $\frac{\Delta^2}{MSE^2}$  այդ մեծության փոխարեն:  $t_c$  շեմը հաշվարկվել է հետևյալ բանաձևի միջոցով՝

$$t_c = \bar{x} - lS, \quad (5)$$

որտեղ  $l = 2$  կամ  $l = 3$ , իսկ  $\bar{x}$ -ը տվյալ տեսահատվածի համապատասխան  $x_1, x_2, \dots, x_N$ ,  $i = 0, 1, \dots, N$  մագնիտուդների հաջորդականության միջին արժեքն է,  $S$ -ը միջին քառակուսային շեղումն է:

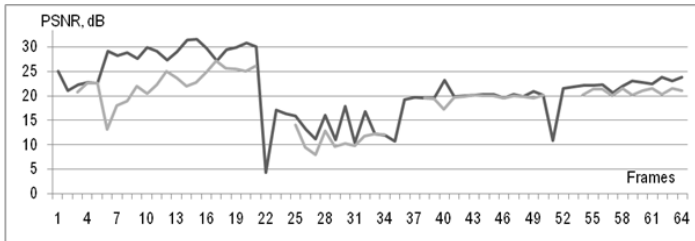
$W^2$  համար հարմարեցվող շեմի որոշման նպատակով օգտագործվել է վիճակագրական մոդելը, որը հիմնված է հաջորդական կադրերի նմանության մեծությունների հաջորդականության վրա: Գրադիենտային դաշտի մագնիտուդի նորմալ բաշխման համար առաջարկվել է օգտագործել "երկու սիգմայի" կանոնը՝

$$P\{\bar{x} - 2S < X \leq \bar{x} + 2S\} \approx 0.95, \quad (6)$$

Եթե  $W^2$  համապատասխան արժեքը բավարարում է հետևյալ անհավասարությանը՝

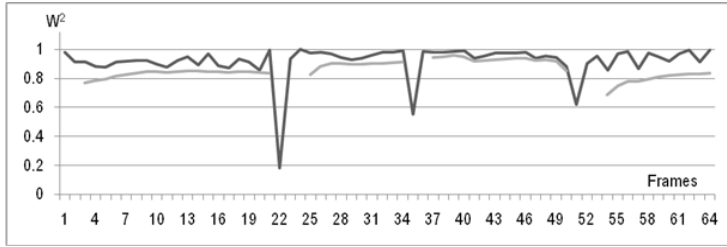
$$W^2 < \bar{x} - 2S, \quad (7)$$

ապա ընդունում ենք, որ տեղի է ունեցել անցում  $N+1$ -րդ կադրի վրա:



Նկ. 7. Հարմարեցվող շեմի միջոցով անցումների հայտնաբերման արդյունքները PSNR համար

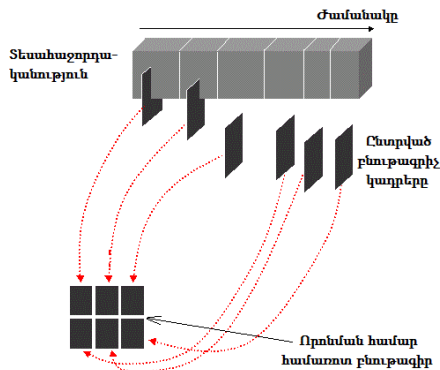
Նկ. 7-ում և Նկ. 8-ում բերված են տեսահաջորդականության կադրերի միջև համապատասխանաբար PSNR և  $W^2$  նմանության գործակցների փոփոխության գրաֆիկները՝ մուգ գույնով, և բաց գույնի գրաֆիկով բերված է հարմարեցվող եղանակով շեմային արժեքի որոշման գրաֆիկը՝ հիմնված (7) բանաձևի վրա:



Նկ.8. Հարմարեցվող շեմի միջոցով անցումների հայտնաբերման արդյունքները  $W^2$  համար

Ինչպես տեսնում ենք շեմային արժեքի գրաֆիկը սահուն կերպով անցնում է  $W^2$  մեծության գրաֆիկի երկայնքով և կտրուկ անցման դեպքում նմանության չափանիշի արժեքը կտրուկ նվազում է համապատասխան կետում շեմային արժեքից:

**Երրորդ գլուխը** նվիրված է տեսահատվածներում բնութագրիչ կադրերի ընտրության խնդիրներին:



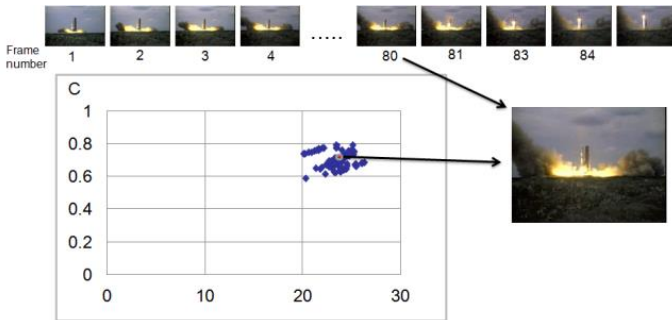
Նկ. 9. Բնութագրիչ կադրերի ընտրության այգորիթմի գրաֆիկական արտապատկերումը:

Նկար 9-ում պատկերված է բնութագրիչ կադրի ընտրության ընթացակարգի գրաֆիկական արտապատկերումը, ըստ որի տեսահաջորդականության յուրաքանչյուր տեսահատվածից ընտրվում է առնվազն մեկ բնութագրիչ կադր, որը առավելագույնս հակիրճ և համապարփակ ձևով արտացոլում է տվյալ հատվածի բովանդակությունը:

Բնութագրիչ կադրի հայտնաբերման համար առաջարկվել է այգորիթմ, որի առավելությունը այլ մեթոդների նկատմամբ կայանում է նրանում, որ տեսահատկերի բովանդակությունը բնութագրվում է միայն երկու պարամետրի

միջոցով, որոնք էլ, իրենց հերթին, արդեն իսկ հաշվարկված են լինում տեսահաջորդականության հատվածավորման ընթացակարգի ժամանակ:

Բնութագրիչ կադրի հայտնաբերման խնդիրը հանգեցվել է ենթադրվող կադրի պարամետրերի որոշմանը, որպես տվյալ հատվածում Վեյբուլի բաշխման  $b$  և  $c$  պարամետրերի միջին թվաբանական արժեքներ: Խնդրի նման լուծումը էապես բարձրացնում է բնութագրիչ կադրի փնտրման գործընթացի արագագործությունը, քանի որ չի պահանջում համեմատվող կադրերի նմանության այլ մեթոդներին բնորոշ մեծածավալ հաշվարկներ: Սակայն նկատենք, որ այդ տեսահատվածում կարող է չլինել որևէ կադր, որի  $b$  և  $c$  պարամետրերը համընկնում են միջինացված  $\bar{b}$  և  $\bar{c}$  արժեքների հետ: Այս դեպքում որպես բնութագրիչ կադր ընտրվում է այն կադրը, որի  $b$  և  $c$  պարամետրերը առավել մոտ են ենթադրվող կադրի համապատասխան պարամետրերին էվկլիդյան հեռավորության իմաստով:



Նկ. 10. Բնութագրիչ կադրի հայտնաբերման ցուցադրում

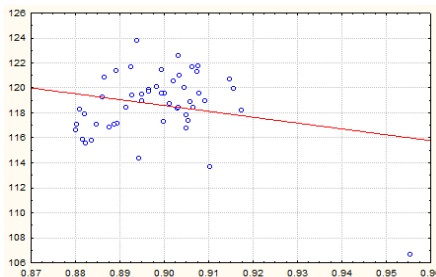
Նկար 10-ում ցուցադրված է բնութագրիչ կադրի որոշման սխեման վերևում նշված տեսահատվածի համար: Գրաֆիկի վրայի կետերը համապատասխանում են տվյալ տեսահատվածում յուրաքանչյուր կադրի  $b$  և  $c$  պարամետրերին:

Որպես օրինակ բերենք վերոհիշյալ տեսահաջորդականության հատվածավորման տվյալներով բնութագրիչ կադրի որոնման արդյունքները: Աղյուսակ 2-ում բերված են  $b$  և  $c$  պարամետրերի միջին արժեքները յուրաքանչյուր տեսահատվածի համար, ինչպես նաև ներկայացված են  $W^2$  այն մեծագույն արժեքները, որոնք ստացվել են միջին արժեքների և տվյալ տեսահատվածի բոլոր կադրերի համապատասխան պարամետրերի հաշվարկման և համեմատության արդյունքում: Իսկ վերջին սյունակում ներկայացված են այն կադրերի համարները, որոնք ընտրվել են որպես բնութագրիչ կադրեր:

Աղյուսակ 2. Բնութագրիչ կադրերը, որոնք ընտրվել են որպես առավելագույն նման յուրաքանչյուր տեսահատվածի կադրերին:

Տեսահատվածի համարը	$\bar{b}$	$\bar{c}$	$W_{\max}^2$	Բնութագրիչ կադրի համարը
1	23.44	0.7044	0.997	42
2	14.53	0.5223	0.999	101
3	28.25	0.5405	0.938	163
4	45.20	0.7435	0.991	219
5	118.77	0.9011	0.997	234

Այնուհետև, երրորդ գլխում, մեր տվյալներով՝ առաջին անգամ, դրվել է հատվածավորման արդյունքում ստացված տեսահատվածների բովանդակության փոփոխության օրինաչափությունների բնութագրման թվային մեթոդի մշակման խնդիր: Նման խնդրի դիտարկման համար հիմք են ծառայել մի շարք տարաբնույթ տեսանյութերի հատվածավորման արդյունքների գրաֆիկական ներկայացումները այն տեսքով, ինչպես ցուցադրված է Նկ.11-ում: Այստեղ կառուցված է տեսահատվածի կադրերին համապատասխանող (b, c) պարամետրերի ցրման դիագրամը: Այն պարունակում է որոշակի լրացուցիչ ինֆորմացիա տվյալ տեսահատվածի կադրերի կառուցվածքի փոփոխության օրինաչափությունների մասին: Օրինակ, եթե կառուցվածքը չի փոփոխվում կամ շատ քիչ է փոփոխվում, դիագրամի կետերը դասավորված են կոմպակտ տիրույթում: Կառուցվածքի փոփոխությունը հանգեցնում է (b, c) պարամետրերի համապատասխան փոփոխությունների, ուստի կետերի դասավորությունը կարող է արտահայտել որոշակի օրինաչափություն:



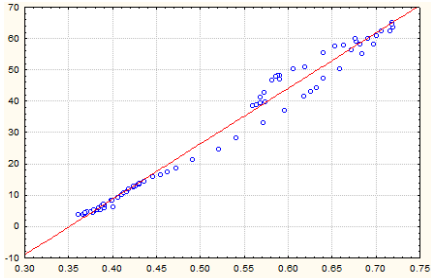
Նկ. 11. Ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունքները պասիվ տեսահատվածի համար ( $R=0.224$ ,  $F=2.53$ )

(b, c) հարթության վրա կետերի դասավորության տեսողական վերլուծությունը ցույց է տվել, որ առավել հարմար մաթեմատիկական մոդելը, որով կարելի է

ուսումնասիրել դրանց տեղաբաշխումը, ռեգրեսիոն վերլուծությունն է: Պարզության համար որպես  $b$  և  $c$  պարամետրերի միջև ստոխաստիկ կախվածություն ենթադրվել է գծային ռեգրեսիոն վերլուծությունը, որտեղ ռեգրեսիայի գործակցի ոչ նշանակալի արժեքը ենթադրում է տեսահատվածի մեջ կադրերի ոչ էական բովանդակային փոփոխություններ: Եվ հակառակը, ռեգրեսիայի նշանակալի արժեքը կնշանակի կադրերի առավել ինտենսիվ փոփոխություններ տվյալ տեսահատվածի ներսում:

Նկարներ 11-ում և 12-ում պատկերված են ռեգրեսիային վերլուծության փորձարարական արդյունքները համապատասխանաբար պասիվորեն և ակտիվորեն փոփոխվող տեսարաններ պարունակող տեսահատվածների համար: Առավել արտահայտիչ լինելու համար ներկայացվել է նաև հաշվարկված գծային ռեգրեսիոն կախվածության գրաֆիկը, ինչպես նաև հաշվարկվել է կորելացիայի  $R$  գործակիցը և Ֆիշերի հարաբերությունը:

Ստացված արդյունքները դիտարկվել են որպես տեսահատվածի օժանդակ բնութագրիչներ, և առաջարկվել է դրանք կիրառել որպես համալրում՝ տեսահաջորդականությունների ինֆորմատիվ վերլուծության ժամանակ:



Նկ. 12. Ռեգրեսիոն վերլուծության արդյունքները ակտիվ տեսահատվածի համար ( $R=0.991$ ,  $F=4559$ )

Բազմաթիվ տեսահաջորդականությունների վերլուծության արդյունքները հաստատել են, որ  $b$  և  $c$  պարամետրերի փոխադարձ կախվածությունը կապված է տեսահատվածում կադրերի փոփոխման ինտենսիվության կամ պասիվության հետ և բոլոր այն դեպքերում, որտեղ տվյալ տեսահատվածում տեսարանը հիմնականում կրկնվում է, կամ էական փոփոխությունների չի ենթարկվում, ապա ռեգրեսիայի գործակիցը լինում է փոքր, իսկ այն դեպքում, երբ տեսահատվածում սահուն, բայց էական փոփոխություններ են գրանցվում, ապա այն ընդունում է մեծ արժեքներ:



## **Ատենախոսության հիմնական արդյունքները**

1. Առաջարկվել է տեսահաջորդականության դինամիկ վերլուծության և հատվածավորման մեթոդ՝ հիմնված կադրերում պատկերի գրադիենտային դաշտի՝ որպես պատկերի կառուցվածքային հատկությունները բնութագրող վեյբուլյան մոդելի վրա [1, 2]:
2. Մշակվել է տեսահատվածի բնութագրիչ կադրի ընտրության և ինդեքսավորման արագագործ ալգորիթմ, որը տեսահատվածի յուրաքանչյուր կադրի համար օգտագործում է հատվածավորման ընթացքում ստացված ընդամենը երկու պարամետրերի արժեքները [5]:
3. Մշակվել է տեսահատվածի բովանդակության փոփոխության օրինաչափությունների բնութագրման թվային մեթոդ, որը հիմնված է հատվածների համար ստացված վեյբուլյան պարամետրերի արժեքների ցրման դաշտի ռեգրեսիային վերլուծության վրա: Այն հնարավորություն է տալիս թվային արտահայտությամբ գնահատել տեսահատվածի բովանդակության փոփոխության ակտիվության աստիճանը [3, 4]:
4. Մշակվել է ծրագրային համակարգ, որը ներառում է մի շարք ծրագրային մոդուլներ, մասնավորապես Վեյբուլի պարամետրերի գնահատման, տեսահաջորդականության հատվածավորման, ինդեքսավորման և ստացված արդյունքների հիման վրա տվյալների հենք ձևավորելու համար [6, 7]:

## **Հրատարակված աշխատանքները**

1. M.K. Zakaryan. Novel Approach to Video Cut Detection and Segmentation. В сборнике научных трудов 7-й годичной научной конференции Российско-Армянского (Славянского) университета. Ереван, стр. 1-5, 2012.
2. M.K. Zakaryan. Digital Video Segmentation Based on Structural Features of Frames. В сборнике материалов международного аспирантского форума "Современная наука: Тенденции развития, проблемы и перспективы", Ереван, стр. 10-14, 25 сентября, 2013.
3. D.G. Asatryan, M.K. Zakaryan. Improved Algorithm for Video Shot Detection. International Journal "Information Content and Processing", vol. 1, pp. 66-72, Number 1, 2014.

4. D.G. Asatryan, M.K. Zakaryan. Method for Video Shot Detection and Separation. International Journal "Information Models and Analysis", Volume 3, Number 3, pp. 247-251, 2014.
5. D.G. Asatryan, M.K. Zakaryan. Novel approach to content-based video indexing and retrieval by using a measure of structural similarity of frames. International Journal "Information Content and Processing", vol. 2, pp. 71-81, Number 1, 2015.
6. M.K. Zakaryan. Video Shot Detection Method Based on Histogram Comparison Procedure. Mathematical Problems of Computer Science. Yerevan, 2015. vol. 44, pp.77-84.
7. M.K. Zakaryan. Shot Boundary Detection: From Segmentation To Browsing. Proceedings of Engineering Academy of Armenia. Yerevan, 2016. vol.4, pp.511-516.

## **Закарян Манук Каренович**

### **Разработка алгоритмов и программ для динамического анализа и сегментации видеопоследовательности**

#### **РЕЗЮМЕ**

Каждый год телеканалы и компании занимающиеся киноиндустрией производят огромное количество видеозаписей. В последние годы популярность цифровых видеокамер, наличие многофункциональных видеокамер на сотовых телефонах, а также наличие таких приложений как YouTube, Google Video и разные видеосайты, дают возможность скачать видеозаписи в неограниченном количестве. Компьютеры, а также поисковые системы и системы обработок видеопоследовательностей должны дать возможность человеку искать и найти необходимую информацию среди огромнейшего количества видеоматериалов автоматическим образом.

Благодаря скорости действия и постоянному увеличению объема памяти компьютерной техники, подобные поиски становятся все более реалистичными и эффективными. Вместе с тем появляются новые проблемы, касающиеся динамической обработки видеопоследовательности, включая вопросы сегментации, индексации и содержательного анализа. Как показывает анализ научной литературы, эти подходы в основном используют классические методы обработки кадров, которые для решения некоторых важных задач менее эффективны. С другой стороны, в сфере обработки изображений в последние годы предложены новые подходы, применения которых, с точки зрения автоматической обработки видеопоследовательностей более гибки и эффективны. К тому же, эти подходы опираются на использование структурных и содержательных свойств изображений, а полученные результаты более осознаваемы зрительной системой человека (ЗСЧ). Вышеупомянутые обстоятельства делают тему данной диссертационной работы актуальной и выдвигают новые задачи разработки методологии обработки видеоизображений.

**Целью работы** является разработка эффективных методов и программных средств динамической сегментации, индексации и обнаружение закономерностей изменения содержания видеопоследовательности, используя структурные свойства получаемых видеоизображений. Для достижения цели данной диссертации были решены следующие задачи:

1. Разработка математической модели динамического анализа и сегментации видеопоследовательностей с использованием градиентного поля изображений, как характеристики описание его структуры.
2. Разработка высокопроизводительного алгоритма выбора ключевого кадра в каждом сегменте и индексации видеопоследовательности.

3. Разработка цифрового метода обнаружения закономерности изменения содержания сегмента видеокadra.
4. Создание комплекса программ для реализации разработанных алгоритмов.

#### **Научная новизна**

1. Разработана новая процедура динамического анализа видеопоследовательностей, основанная на использовании структурных свойств изображений в кадрах.
2. Разработана математическая модель и соответствующий алгоритм динамической сегментации, основанные на использовании распределения Вейбулла для характеристик градиентного поля изображения.
3. Предложена быстродействующая процедура индексации, которая для каждого кадра видеосегмента использует значения всего двух параметров, ранее вычисленных в процессе сегментации.
4. Предложен численный метод обнаружения и характеристики закономерностей изменения содержания в кадрах видеосегмента.

#### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Алгоритмы динамической сегментации видеопоследовательностей и методы исследования их эффективности.
2. Процедура поиска и выбора ключевого кадра видеосегментов и соответствующий метод индексации.
3. Разработанная программная система, а также экспериментальные результаты, полученные с её помощью.

#### **Основные результаты и выводы диссертации**

1. Предложен метод динамического анализа и сегментации видеопоследовательностей, основанный на использовании распределения Вейбулла как модели градиентного поля характеризующей структурные свойства кадра.
2. Предложен быстродействующий алгоритм выбора ключевого кадра в сегменте и индексации видеопоследовательности, которая для каждого кадра видеосегмента использует всего два параметра, ранее вычисленных в процессе сегментации.
3. Разработан численный метод обнаружения и характеристики закономерности изменения содержания кадров в видеосегменте, основанный на регрессионный анализ рассеяния параметров распределения Вейбулла. Метод даёт возможность численного оценивания степени активности изменения содержания сегмента.
4. Разработан программный комплекс, который содержит ряд модулей для оценивания параметров Вейбулла, динамической сегментации и индексации видеопоследовательности, и формирования базы данных, основанной на эти результаты.

**Development of Algorithms and Software for Video Dynamic Analysis and Segmentation**

**ABSTRACT**

Every year TV channels and movie studios publish large amounts of video data. In the last few years popularity of digital cameras, existence of multifunctional video cameras on the cell phones, also existence of such applications like YouTube, Google Video and other video based web sites, provide opportunity to upload unlimited amount of video materials to the Internet.

Computers and systems that are aimed to search and process video segments, must provide people an opportunity to automatically search and find necessary information within the huge amount of video data.

Thanks to the constantly increasing computing speed and memory capacity, research process becomes more and more realistic and effective.

Meanwhile, new issues raise, which refer to the dynamic development of videos, including its segmentation, indexation and content analysis.

Nowadays scientific researches are taking place in the world, regarding these issues, as a result of which, different approaches and algorithms have been suggested, and effective program means have been created. Although, as the analysis of scientific literature shows, those approaches use mainly the classical methods of processing shots, which are less effective for solving certain issues. On the other hand, during the last few years new approaches have been suggested for processing of shots, usage of which from the point of automatical processing view is more flexible and effective. Moreover these approaches are based on usage of the structural and content features of the video, and the results that are being achieved are more easily accepted by Human's Visual System (HVS).

The above mentioned circumstances make the topic of the current thesis more actual and put forward the issues of development of the new methodology.

**The purpose of this work** is development of dynamic segmentation, indexation, finding out effective methods and programming means of the content patterns, by using structural features of the produced shots.

The following issues have been resolved to achieve the goal of current thesis:

1. Development of mathematical model for dynamic analysis and segmentation of video shots by using features of gradient field of the frame, as a description of its structure. Also develop methodology for quality control analysis.
2. Development of highly-performing algorithms for choice and indexation of the shot's descriptive segment.

3. Development of digital method to describe consistency of the video shot's content changes.
4. Development of complex projects for implementation of designed algorithms.

**Scientific novelty:**

1. A new approach is proposed for digital video segmentation, which is based on structural features of frames.
2. Mathematical model of the video shot's dynamic segmentation has been developed, as well as corresponding high-performing algorithm, which is based on analysis of Weibull distribution of the shot's gradient field.
3. A high-performing indexation method of video shots has been proposed, which is using only two parameters for each frame gotten during segmentation.
4. The numerical method for detection of content intensity changes of video segment has been proposed.

**The following statements are proposed for defense:**

- Algorithms for dynamic video segmentation, shot boundary detection and methods of analysis for their efficiency;
- Method for indexation and key frame extraction;
- Software system and experimental results gotten from that system.

**Main results and conclusions of dissertation:**

1. Method of dynamic analysis of video frames has been proposed, which is based on usage of Weibull distribution for describing structural features of the shots.
2. It's been developed a fastly effecting algorithm of choice and indexation of the segment of describing shot, which is using only two parameters for each frame gotten during segmentation.
3. Numerical method has been developed to describe consistency of changes of segments content, which is based on regression analysis of Weibull parameters distribution. This provides an opportunity to evaluate content change intensity by numerical expression.
4. Software system has been developed, which consist of modules namely for detecting Weibull distribution parameters, dynamic video segmentation, indexation and creating of databases, based on segmentation results.

