

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ВАРНА

инж. Гергана Василева Спасова

Заглавие:

**РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЛГОРИТМИ ЗА
ОБРАБОТКА НА ИЗОБРАЖЕНИЯ В СИСТЕМИ ЗА
ОТКРИВАНЕ И СЛЕДЕНЕ НА ОБЕКТИ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**на дисертация за получаване на образователна и
научна степен “Доктор”**

**по докторска програма: „Компютърни системи, комплекси и
мрежи“**

**към професионално направление: 5.3. „Комуникационна и
компютърна техника“**

Научен ръководител: доц. д-р инж. Тодор Димитров Ганчев

Рецензенти:

1.

2.

Варна, 2019 г.

Дисертационният труд е обсъден на 25.09.2019г. в катедра „Компютърни науки и технологии” и насочен за защита.
Докторантът работи в катедра „Компютърни науки и технологии”.

Автор: инж. Гергана Василева Спасова

Заглавие: Разработване и изследване на алгоритми за обработка на изображения в системи за откриване и следене на обекти

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ВАРНА

инж. Гергана Василева Спасова

Заглавие:

**РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЛГОРИТМИ ЗА
ОБРАБОТКА НА ИЗОБРАЖЕНИЯ В СИСТЕМИ ЗА
ОТКРИВАНЕ И СЛЕДЕНЕ НА ОБЕКТИ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**на дисертация за получаване на образователна и
научна степен “Доктор”**

Варна, 2019 г.

Дисертационният труд съдържа 140 страници, включително 87 фигури и 33 таблици, оформени в 4 глави, общи изводи и списък на използваната литература от 177 заглавия, от които 2 на кирилица и 175 на латиница.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на г. от ч. в на открито заседание на жури сформирано със заповед на Ректора №/..... г.

Материалите по защитата (дисертацията, рецензиите и становищата) са на разположение на интересуващите се във ФД “Докторанти”, стая 318 НУК.

ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Компютърното зрение намира широко приложение в проследяването на състоянието на околната среда. Снимайки изображения от летателни апарати и използвайки СКЗ, лесно може да се проследи промяната на околната среда преди и след природни бедствия, като например - пожар, наводнение, земетресение. Много по-добре би било, ако бедствията могат да се предскажат навреме.

В настоящия дисертационен труд се разработват методи и алгоритми за следене на водни обекти. Заложената идея е чрез постоянни обходи и анализи да се проследява нивото на водата в мочурищата в Пантанал (Бразилия). Пантанал е обширен регион в централната част на Южна Америка. В тази област има хиляди големи и малки езера, както и множество реки. Климатът в Пантанал е субекваториален – има сух и влажен период. В Пантанал има вечнозелени тропични гори и територии с определена растителност, които се наводняват по време на влажния период (ноември - юни). Най-срещаните водни площи са езерата и блатата. Снимките над тази заблатена местност са направени с нисколетящи самолети (тип дрон). Височината, на която се заснемат снимките, е 200 м. Промяната на размера на едно блато носи информация, която би била полезна за предсказване на едно предстоящо наводнение на памукови плантации, територии с орхидеи, лиани, епифитни растения, тропически гори и др. Разработените методи и алгоритми се прилагат върху избран клас изображения (18 на брой).

Проблем

В изследванията за откриване на контури в изображения има стремеж към автоматизирана оценка на площта на водната повърхност на реките и водоемите, въз основа на снимки, заснети от въздуха. Такива изображения обикновено са заснети с камери, монтирани на нисколетящи апарати като например дронове. Оценка на водната площ е от първостепенно значение при проучванията за мониторинг и оценка на околната среда.

Цел и задачи на изследването

ЦЕЛ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Изследване и разработване на алгоритми за сегментация на изображения и компресия на бинарни изображения, използвайки минимизация на логически функции чрез законите на алгебра на логиката.

ЗАДАЧИ

1. Да се предложат и изследват подходи и алгоритми за сегментация на изображения в сивата скала за откриване на контури на водни терени.
2. Да се предложат и изследват подходи и алгоритми за сегментация на цветни изображения за откриване на контурите на обектите в изображението без влиянието на светлосенките и разграничаването на небе от водна площ в изображение.
3. Да се предложат и изследват подходи и алгоритми за компресия на изображения, използвайки законите на алгебра на логиката.

Обект и предмет на изследване

Обект на дисертационния труд са методи за предварителна обработка на цифрови изображения и последваща компресия след приложената обработка.

Предмет на дисертационния труд е изследване на съществуващи оператори за откриване на ръбове и последващото им използване в алгоритми за откриване на контури на обекти в определен клас изображения. Разглеждат се алгоритми за компресия, които да се прилагат след предварителната обработка на изображенията.

Методи на изследване

За решаването на разглежданите задачи са използвани методи за обработка и компресия на изображения. При подготвянето и провеждането на експерименталните изследвания са използвани софтуерните продукти MATLAB и Photoshop.

Място на изследване

Изследванията, представени в дисертацията, са проведени в катедра КНТ, факултет ФИТА на Технически Университет – Варна, България.

Научна и практическа новост на изследването

В резултат на проведените теоретични и експериментални изследвания в съответствие с целта и задачите на дисертационния труд могат да бъдат дефинирани следните основни приноси:

- 1) Предложени са алгоритми за определяне контурите на водни площи от изображения в сивата скала и цветни изображения.
- 2) Модифициран е метод за компресия на бинарни изображения, приложим за отдалечено наблюдение на екосистеми.
- 3) Предложен е алгоритъм за разграничаване на водни обекти от небе в определен клас изображения.
- 4) Разработен е софтуер за откриване на контури в определен клас изображения, представени в сивата скала.

- 5) Разработен е софтуер за откриване на контури и площта им в цветни изображения.
- 6) Разработен е софтуер за разграничаване на обекти с еднаква оцветеност.
- 7) Разработен е софтуер за компресия на бинарни изображения.

Апробация на изследването

Основните теоретични и приложни резултати от дисертационния труд са представени в общо 6 публикации, от които:

- 1 доклад на конференция „UNITECH“, 2016 г., Габрово, България;
- 1 доклад на конференция „IV-та научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии", 2016 г., Варна, България;
- 1 доклад на конференция „CompSysTech“, 2019г., Русе, България;
- 1 доклад на конференция „International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA“, 2019г., Варна, България;
- 1 доклад на конференция „Nineteenth International Conference on Geometry, Integrability and Quantization“, 2019г., Варна, България;
- 1 доклад на конференция „International Conference Biomedical Innovations and Applications“, 2019г., Варна, България.

Конференциите „CompSysTech“, „International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA“, „Nineteenth International Conference on Geometry“ и „Integrability and Quantization International Conference Biomedical Innovations and Applications“ са индексирани в международната научна база данни „SCOPUS“.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. Обработка на изображения

В първа глава е направен обзор на съществуващите методи и алгоритми за сегментация на изображения и компресия на бинарни изображения. Разгледани са предимствата и недостатъците на операторите за детектиране на ръбове - Sobel, Prewitt, Roberts, Canny, Laplacian of Guassian (LoG), Zerocross при сегментиране на изображения в сивата скала. Направено е сравнение на методите за сегментиране на цветни изображения, базирани на сходство и прекъсване. Разгледани са алгоритми за компресия на бинарни изображения.

1.1. Въведение и социална значимост на проблема

Водните ресурси са използваемата част от природните води на определена територия в определен интервал от време. Формират се предимно

от валежите и се проявяват като повърхностни и подземни води. Мониторингът на повърхностните и подземните води осигурява информация за протичащите във водните тела процеси, промени и явления, необходима за оптималното управление на водните басейни. Предмет на мониторинг на водите са валежите, повърхностните води (реки, езера и язовири) и подземните води.

Повърхностните води са един от основните източници на вода за нуждите на живата екосистема. При обилни валежи се наблюдава повишаване на нивото на водата, което е предпоставка за наводнение. Това налага постоянното следене и предсрочно предсказване на евентуална опасност.

1.2. Сегментация на изображения в сивата скала

1.2.1. Въведение в сегментацията на изображения в сивата скала

Прекъсването и сходството са двете основни свойства, на които се основава алгоритъмът на сегментиране на изображението [77]. Налице са изключително голям брой оператори за откриване на ръбове като Sobel, Roberts, Prewitt, Zerocross, Canny и др. [3], [6], [16], [17], [19], [26], [30], [47], [59], [61], [63], [65], [76], [79], [80], [86], [92], [106], [110], [111], [121], [124], [133], [140], [176], [177]. Структурата на ръба, посоката на ръба и шумовите условия са факторите, които участват в избора на различни оператори за откриване на ръбове. Лошите ефекти на концентрация и пречупване на светлината могат умерено да променят границите на обекта, което може да доведе до проблеми като податливост на шум, откриване на фалшиви ръбове и високо изчислително време [106].

1.2.3. Стъпки при откриване на ръбове

Откриването на ръб съдържа главно четири стъпки, които са показани на фиг. 1.2.



Фиг. 1.2. Стъпки за изпълнение при откриване на ръбове [139], [152]

Стъпките, които се изпълняват при откриването на ръбове, са описани както следва:

- **Филтриране.** Различни видове шум като Гаус, „импулс“, „сол и пипер“ често се появяват в изображенията [139]. Филтрирането или изглаждането потискат шума, без да се разрушават ръбовете [152].
- **Изглаждане.** Извършва се подобряване на пикселите там, където има значителна вариация в стойностите на локалната интензивност и обикновено се извършва чрез изчисляване на величината на градиентния вектор [139].

- Откриване. Откриване на ръбовете, чрез използване на критериите за определяне на праговете [152].
- Локализация. Определяне на правилното положение на ръба в изображението [152].

1.2.5. Сравнение на методите за откриване на ръбове

Операторите Sobel и Prewitt дават приблизително еднакъв резултат (таблица 1.1) и има известно прекъсване и начупване на линии. Операторът Робъртс дава по-малко подробности за обектите в изображението от Sobel и Prewitt. Zerocross дава по-фини точки от оператора Roberts и класическите (Sobel и Prewitt) оператори. Оператор Canny ненаатрапчиво изобразява по-категорични и забележителни резултати от Zerocross. По този начин се дава точна демонстрация на оригиналните изображения [6], [28], [33], [84], [95], [106], [122], [144].

Таблица 1.1. Сравнение на методите за откриване на ръбове

Сиво изображение	Оператор Sobel	Оператор Prewitt	Оператор Roberts
			
	Оператор Zerocross	Оператор LoG	Оператор Canny
			

1.2.7. Параметри, използвани за сравнение на различните оператори за откриване на ръбове

Максимално съотношение сигнал/шум (Peak Signal to Noise Ratio - PSNR) и средна квадратична грешка (Mean Square Error - MSE) се използват за измерване на ефективността на всеки метод за откриване на ръбове [12].

1.3. Сегментация на цветни изображения

Сегментирането на изображението се занимава с разделянето на изображението по подобие. Цветът е явление, свързано с реакцията на човека на различни дължини на вълната във видимия електромагнитен спектър [130]. Извличането на цветна информация от всяко изображение има много приложения, свързани с алгоритмите за компютърно зрение. Цветът на изображението може да носи много повече информация, отколкото нивото на сивото [32].

Съществуват много алгоритми за сегментация на изображения. Един от тях е методът на праговата сегментация [66], [98], [167]. Неговата същност

е автоматично да се определи оптималния праг според определен критерий и да използва тези пиксели според нивото на сивото, за да постигне клъстеризация. Вторият метод за сегментация е сегментация на растежа [53], [158]. Основната идея на алгоритъма за растеж е да се комбинират пикселите със сходни свойства, за да се формира регионът с подобни свойства.

1.4. Компресия на изображения

Компресирането на изображението решава проблема с намаляването на количеството данни, необходими за представяне на цифрово изображение. Компресирането се постига чрез използване на едно или повече от трите основни съкращения на данни: кодиране с излишък, съкращение на пикселите, психовизуално съкращение [7].

1.4.3. Компресия на бинарни изображения чрез минимизация на логически функции

Много изследователски работи са фокусирани върху развитието на различните методи за компресиране на данни (особено компресиране на изображения) [15], [72], [78], [119], [126] [137]. Някои методи се базират на минимизиране на логически функции [37], [48], [49], [51], [52], [93], [113], [156], [163], [172]. Тази техника на компресиране използва битови последователности като логически условия и се опитва да опрости логически изрази, построени на базата на тези условия. Опростяването на логическите изрази предизвиква „изхвърлянето“ на някои терми и променливи от израза, което води до компресиране на входните данни чрез „изхвърлянето“ на съответните битове или последователности от битове.

Изводи

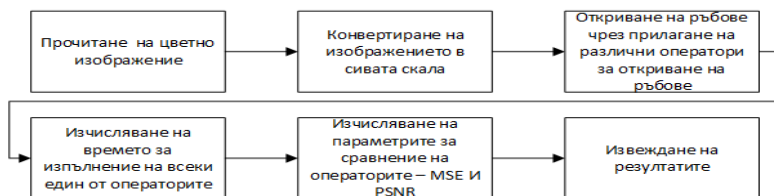
- Съществуват множество алгоритми за обработка на изображения, но всеки от тях може да бъде подобрен по отношение на сегментацията и времето за изпълнението ѝ.
- Съществуващите алгоритми за сегментация имат недостатъци по отношение на бързодействието и качеството на изображението след обработката.
- Най-добри резултати при детекторите за откриване на ръбове, по отношение на откриването на ръбове в зашумени изображения, квадратична грешка и съотношение сигнал/шум, дава детекторът за откриване на ръбове Canny.
- Съществуващите методи за компресия имат недостатъци по отношение на времето за изпълнение, коефициент на компресия и възстановяването на оригиналното изображение.

ГЛАВА 2. СЕГМЕНТАЦИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ, ПРЕДСТАВЕНИ В СИВАТА СКАЛА

Ръбовете на изображението се считат за вид важна информация, която може да бъде извлечена чрез прилагане на детектори с различна методология. Откриването на ръбовете е основна и важна тема в компютърното зрение и обработката на изображения. Техниката за откриване на ръбове в едно изображение служи като стъпка за предварителна обработка на много алгоритми при обработката на изображения като подобряване на изображението, сегментация на изображение, проследяване и кодиране на изображение [132].

2.1. Сравнителен анализ на оператори за откриване на ръбове като Sobel, Prewitt, Roberts, Canny, Laplacian of Guassian и Zerocross

Обобщената схема за изпълнение при откриване на ръбове е дадена на фиг. 2.1.



Фиг. 2.1. Обобщена схема за изпълнение при откриване на ръбове

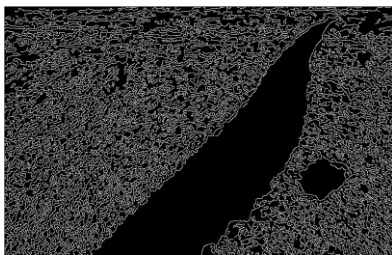
2.1.2. Прилагане на оператори за откриване на ръбове върху изображение 1



Фиг. 2.2. Цветно изображение



Фиг. 2.3. Преобразувано изображение в сивата скала



Фиг. 2.4. Резултат от прилагане на оператор Canny върху сивото изображение



Фиг. 2.5. Резултат от прилагане на оператор Roberts върху сивото изображение



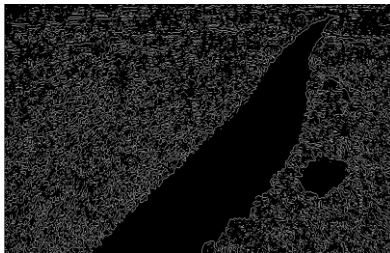
Фиг. 2.6. Резултат от прилагане на оператор Sobel върху сивото изображение



Фиг. 2.7. Резултат от прилагане на оператор Prewitt върху сивото изображение



Фиг. 2.8. Резултат от прилагане на оператор LoG върху сивото изображение



Фиг. 2.9. Резултат от прилагане на оператор Zerocross върху сивото изображение

В следващите таблици са дадени изчислените MSE, PSNR и SNR (таблица 2.2) и времето за изпълнение на всеки един от операторите за откриване на ръбове (таблица 2.3) за изображение 1.

Таблица 2.2. Резултати получени след прилагане на оператори за откриване на ръбове върху изображение 1

Изображение 1	Canny	Sobel	Prewitt	Roberts	LoG	Zerocross
Квадратична грешка (MSE)	10797.1561	10827.6055	10827.6777	10830.5920	10808.0748	10808.0748
Макс. съотношение сигнал/шум (PSNR)	7.7977	7.7855	7.7855	7.7843	7.7933	7.7933
Съотношение сигнал/шум (SNR)	-47.8296	-54.9078	-54.9401	-57.4634	-49.7057	-49.7057

Таблица 2.3. Време за изпълнение на операторите за откриване на ръбове за изображение 1

Изображение 1	Canny	Sobel	Prewitt	Roberts	LoG	Zerocross
Време за изпълнение [s]	0.179587	0.010074	0.007877	0.023624	0.063483	0.033807

След прилагане на оператор Canny се получава най-малка квадратична грешка и най-висока шумоустойчивост, но времето за изпълнение на оператора Canny е по-голямо в сравнение с другите оператори за откриване на ръбове. Въпреки това този оператор дава най-добри резултати при откриването на ръбовете в изображението.

За да се дефинират предимствата и недостатъците на методите за откриване на контури е необходимо да се създаде система от критерии, на които трябва да отговарят, след което да се направи сравнителен анализ по комбинация от критерии. За обхващане на всички критерии за сравнение се използват усреднени комплексни показатели.

Таблица 2.5. Комплексна средноаритметична оценка за операторите приложени върху изображение 1

Изображение 1	Canny	Sobel	Prewitt	Roberts	LoG	Zerocross
Комплексна средноаритметична оценка	0,262299	0,134900	0,133202	0,147574	0,172661	0,149364

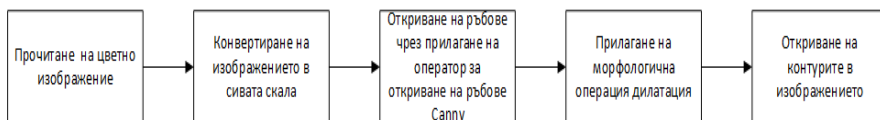
Комплексната средноаритметична оценка на операторите за откриване на ръбове доказва, че оператор Canny превъзхожда другите оператори.

2.2. Предложен алгоритъм за сегментиране на изображения представени в сивата скала

Контурните пиксели разграничават обектите от фона на изображението. Предложен е алгоритъм за откриване на контури в изображението и изчисляване големината на контурната област. За откриването на контури и сегментиране на изображението се използва оператор за откриване на ръбове Canny.

2.2.1. Стъпки на изпълнение на предложения алгоритъм за сегментиране на изображения представени в сивата скала

Стъпките, които се изпълняват в предложения алгоритъм за сегментиране на изображения представени в сивата скала, са показани на фиг. 2.10.



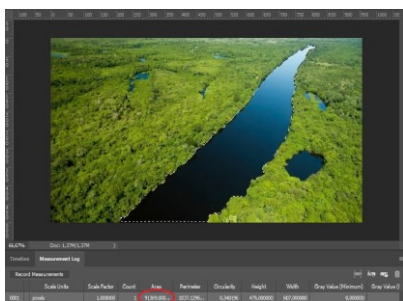
Фиг. 2.10. Структурна схема на метода за откриване на ръбове

Стъпките на изпълнение на алгоритъма се прилагат върху различни изображения. Сегментираното изображение и разпознатото изображение, използващо техниките на оператора Canny, са показани в таблица 2.16.

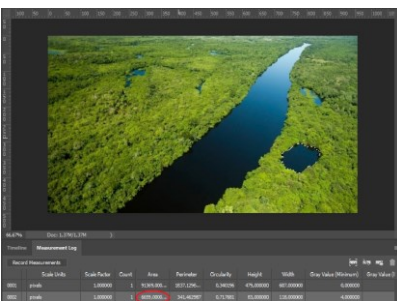
Таблица 2.16. Сегментиране и изчертаване на контури в изображение

	Изображение 1	Изображение 2	Изображение 3	Изображение 4
Цветно Изображение				
Сиво Изображение				
Canny оператор				
Морфологична операция дилатация				
на Откриване всички контури				
на Откриване водните площи				

Използвайки софтуера за обработка на изображения Photoshop, водните области на цветното изображение се очертават и се изчислява големината на очертаният контур в пиксели (фиг. 2.22 и фиг. 2.23).



Фиг. 2.22. Очертаване на реката от изображение 1 с Photoshop



Фиг. 2.23. Очертаване на втората по големина водна площ в изображение 1 с Photoshop

За да се направи сравнение трябва да се вземат и резултатите, които връща MATLAB. На фиг. 2.24 и фиг. 2.25 са показани броя на пикселите изграждащи водната площ (черни пиксели) и броя на пикселите, принадлежащи на водните терени (бели пиксели).

Black_pix				
1x1 double				
	1	2	3	
1	93578			
2				
3				
4				

Фиг. 2.24. Брой черни пиксели в матрица C в програмен продукт MATLAB

White_pix				
1x1 double				
	1	2	3	4
1	384422			
2				
3				
4				

Фиг. 2.25. Брой бели пиксели в матрица C в програмен продукт MATLAB

Таблица 2.17. Разлика в големината на водните площи изчислени от MATLAB и Photoshop

Изображение	Резолуция	Брой пиксели във водната площ (Photoshop)	Брой пиксели в контура (MATLAB)	Относителна грешка [%]
1	96 dpi	91369	87574	9,84%
		6659	6004	4,15%
2	96 dpi	74935	65657	12,38%
3	144 dpi	54908	49255	12,23%
4	96 dpi	184284	174662	4,70%

Относителната грешка (таблица 2.17, колона 4), която възниква при изчисляване на пикселите на запълващия цикъл, се дължи на факта, че:

- Photoshop точно е очертал контурите на водните площи, въпреки че има светлосенки от заобикалящата растителност и обекти в близост до водоизточника.

- В MATLAB, след сегментиране на изображението се изключват светлосенките, поради което площта на контура е по-малка.

Процентът на относителната грешка се променя, ако при обработката на изображението се избегнат светлосенките. Тогава процентът на грешка ще бъде, както е показано в таблица 2.18.

Таблица 2.18. Разлика в големината на водните площи изчислени от MATLAB и Photoshop след премахване на светлосенките

Изображение	Резолуция	Брой пиксели във водната площ (Photoshop)	Брой пиксели в контура (MATLAB)	Относителна грешка [%]
1	96 dpi	89919	87574	2,61%
		6093	6004	1,46%
2	96 dpi	67882	65657	3,28%
3	144 dpi	51086	49255	3,58%
4	96 dpi	177436	174662	1,56%

Процентната грешка в този случай е минимална. Това се дължи на процедурата за изглаждане на ръбовете на изображението, за да се разграничат контурите. След извършване на морфологичната операция дилатация има загуба на пиксели.

В представения алгоритъм за откриване на контурите на водните източници в изображението се изчислява и големината на водната повърхност. Това се прави, за да се гарантира надеждно проследяване на промените във водните басейни и предвиждането на наводненията. За експерименталното тестване на алгоритъма за обработка на изображения е използван програмен продукт MATLAB 2018. Резултатът показва надеждна водна сегментация. След отстраняването на сенките се получава минимална загуба на сегментация на изображението.

Изводи

- Предложен е алгоритъм за откриване на ръбове, базиран на оператор Canny.
- Предложен е алгоритъм за сегментация на изображения, представени в сивата скала, с прилагане на оператор Canny и морфологична операция дилатация.
- Експериментално е доказано, че предложеният алгоритъм за сегментиране на изображения, представени в сивата скала, дава подобри резултати в сравнение с програмен продукт Photoshop.

ГЛАВА 3. СЕГМЕНТАЦИЯ НА ЦВЕТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

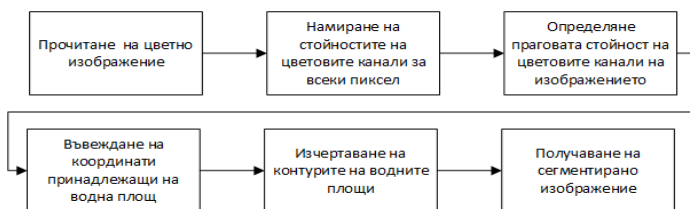
В трета глава е предложен алгоритъм за сегментиране на цветно изображение за разпознаване на водни площи. След водните площи се отделят контурите на водните терени и се изчислява значимостта на конкретния контур. Акцентира се върху цветното изображение, тъй като при сегментацията на изображение в сивата скала се губят части от водните

терени поради наличието на светлосенки във водоемите. В тази глава се разглежда и друг проблем, а именно разграничаването на небе и вода. Разграничаването на различни обекти с една и съща цвятова структура изисква допълнителна обработка на изображението. Извършени са експериментални изследвания за оценка на предложения алгоритъм.

3.1. Предложен алгоритъм за сегментиране на цвятни изображения

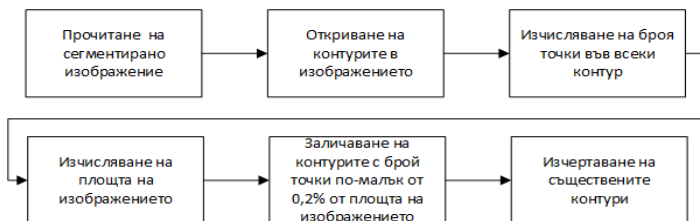
Понякога трябва да се идентифицират пикселите, принадлежащи към различни обекти в изображение, за да се намерят границите на обектите.

В дисертационния труд се предлага алгоритъм за сегментиране на цвятни изображения, който се състои от следните стъпки (фиг. 3.1):



Фиг. 3.1. Обобщена схема на алгоритъма за сегментиране на цвятни изображения

3.2. Получаване на сегментирано изображение съдържащо само водни площи



Фиг. 3.13. Обща схема за изпълнение на метода за откриване на вода в изображение

След сегментиране в някои изображения остават сегменти, които не представляват чиста водна площ (затревени повърхности, блатни води и т.н.). Малките водни площи също не представляват интерес за следенето на водните площи.

Крайният резултат от прилагането на алгоритъма за откриване на контурите на водна площ в изображение 1 е даден на фиг. 3.17.



Фиг. 3.17. Резултат от прилагане на функция boundary() върху изображението

Контурите с малък обем носят незначителна информация и биват заличавани в изображението. За да се направи това първо се изчислява площта на даденото изображение (3.9):

$$p = \text{height} * \text{width} \quad (3.9)$$

След изследване и анализи се стига до извода, че ако даден контур е изграден от брой точки по-малък от 0,2% от площта на изображението, той не е от значение и може да бъде заличен (3.10).

$$pp = \text{int}16(0.002 * p); \quad (3.10)$$

След намирането на контурите и определяне на дяла на отделните контури в изображението се преминава към проверка дали контура е с големина над изчислената и се визуализира (фиг. 3.18).



Фиг. 3.18. Резултат за контури с брой точки по-голям от 0,2% от площта на изображението

В таблица 3.4 е направено сравнение в броя на точките в един контур при двата различни метода – контури открити с детектора на ръбове Canny и контури открити чрез сегментация на цветно изображение. Изчислена и относителната грешка между двата метода.

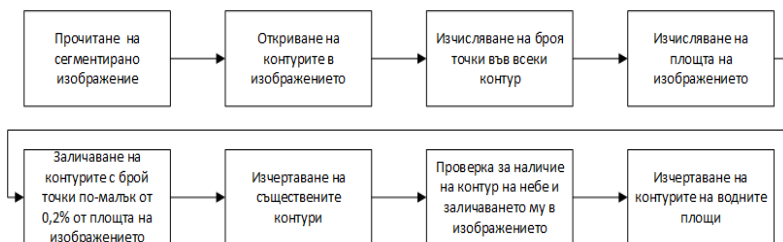
Таблица 3.4. Брой точки в контур и относителна грешка между различните методи за откриване на контури

Изображение	Резолуция	Брой пиксели по контур с оператор за откриване на ръбове Canny (MATLAB)	Брой пиксели по контур с RGB сегментиране (MATLAB)	Относителна грешка [%]
1	96 dpi	87574	90592	3,33%
		6004	8352	24,5%
2	96 dpi	65657	83725	21,58%
3	144 dpi	49255	54796	10,11%
4	96 dpi	174662	185799	5,99%

След анализ може да се направи заключение, че сегментирането на цветно изображение, използвайки RGB каналите постига по-добри резултати от сегментирането с детектор за откриване на ръбове Canny. При сегментиране на изображението с оператор Canny контурът на водните площи е по-малък (например таблица 3.4, ред 2, колони 3 и 4), тъй като проблем се явяват светлосенките от близката растителност до водата.

3.3. Предложен алгоритъм за разграничаване на небе от вода, използвайки сегментация на цветни изображения

Разграничаването на различни обекти с една и съща цвятова структура не е толкова лесно. Необходими са допълнителни обработки, които да спомогнат процеса на разпознаване на небе от вода. Водата е с по-наситени стойности на цвятовите канали, тъй като тя може да е с цвят определен към черен, кафяв или прозрачен. За решаването на този проблем е предложен алгоритъм за разграничаване на обекти с еднаква оцветеност. Последователността от стъпки, които се изпълняват в предложения алгоритъм, са показани на фиг. 3.21.

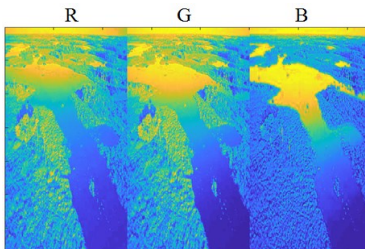


Фиг. 3.21. Обобщена схема на алгоритъма за разграничаване на небе от вода

3.3.1. Прочитане на цветно изображение



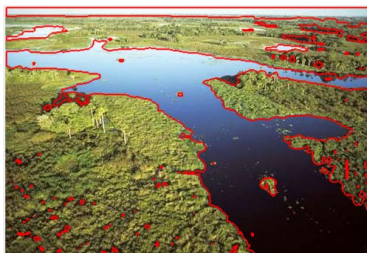
Фиг. 3.22. Цветно изображение



Фиг. 3.23. Визуализиране на цветовете (RGB) канали на изображението



Фиг. 3.24. Сегментирано изображение съдържащо площи с преобладаващ син канал



Фиг. 3.25. Визуализиране на всички контури в изображението

3.3.6. Разграничаване на небе и вода

3.3.6.1. Намиране на средната стойност на RGB каналите на небето

За да се определи дали даден контур в изображение не е небе е необходимо да се намери средната стойност на RGB каналите.

За намирането на средната стойност на RGB каналите на небето се изпълнява следната последователност от действия:

- Вземат се 10 случайни снимки на небето (таблица 3.5). Възможно е да се изберат и повече снимки с по-голямо цветово разнообразие. Това ще спомогне за разпознаване на голям диапазон от небето и по-прецизното отделяне на небе и вода.
- Използвайки софтуерния продукт за обработка на снимки Photoshop се намират средните стойности на RGB каналите на небето.

Таблица 3.5. Средни стойности на RGB каналите на различни небета

	Оригинално изображение	Средна стойност в Photoshop	R	G	B
Небе 5			77	139	194
Небе 6			99	143	194
Небе 7			144	184	224
Небе 8			126	152	186
Небе 9			83	172	239
Небе 10			74	128	211

В таблица 3.6 са дадени реални изображения, които са използвани за базата от данни за небета.

Таблица 3.6. Използвани изображения с небе и вода

	Оригинално изображение	Средна стойност в Photoshop	R	G	B
Небе 1			228	240	240
Небе 2			253	254	252
Небе 3			234	237	243
Небе 4			161	179	225

3.3.6.3. Намиране на усреднената стойност на RGB каналите на всички небета

За всеки един от каналите поотделно се търси усреднената стойност от всички изображения с небета (таблица 3.8).

Таблица 3.8. Усреднени стойности на RGB каналите на всички небета

	R	G	B
Average	147,9	182,8	220,8

Получените стойности се използват за определяне дали дадена синя зона е небе, или вода.

3.3.6.4. Изчисляване на диапазон на изменение на стойностите на RGB каналите

Таблица 3.11. Диапазон на изменение на RGB каналите $\pm 5\%$

	R	G	B
5%	155	192	235
-5%	140	174	210

След изследвания и анализи се стига до извода, че диапазон на изменение $\pm 5\%$ от общата средна стойност е напълно достатъчен, за да се откроява небе от вода (фиг. 3.29; таблица 3.11).

3.3.7. Визуализиране на крайния резултат след обработката на изображението



Фиг. 3.29 Визуализиране на крайния резултат от обработката на изображението

Представен е алгоритъм за сегментиране на цветно изображение, откриване на контурите на водните източници в изображението и отделяне на небето от водната площ. Това се прави, за да се гарантира надеждно проследяване на промените във водните басейни и предвиждането на наводненията. Разпознаването на небе в изображението се прави с цел разграничаването му от водните терени, тъй като водата и небето съдържат пиксели с нюанси на синьото. Използван е програмен продукт MATLAB 2018 за експерименталното изследване. Резултатът от прилагането на алгоритъма показва, че той се справя еднакво добре както при изображения с небе (фиг. 3.30; таблица 3.12), така и при такива, в които небето не попада в обектива на изображението (фиг. 3.30; таблица 3.12).

Изводи

- Експериментално са установени прагови стойности на цветовите канали на различни изображения.
- Експериментално е установено, че ако даден контур в изображението е изграден от брой точки по-малък от 0,2% от площта на изображението, то той не е от значение и може да бъде заличен.
- Предложен е алгоритъм за сегментиране на цветни изображения на базата на RGB канали. Той постига по-добри резултати от сегментирането с предходния алгоритъм за сегментация на изображения представени в сивата скала и откриване на контурите на водни площи.
- Експериментално е доказано, че диапазон на изменение на стойностите на цветовите канали $\pm 5\%$ от общата средна стойност е напълно достатъчен, за да се откроява небе от вода.

ГЛАВА 4. КОМПРЕСИЯ НА БИНАРНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЧРЕЗ МИНИМИЗАЦИЯ НА ФУНКЦИИ, ИЗПОЛЗВАЙКИ ЗАКОНИТЕ НА АЛГЕБРА НА ЛОГИКАТА

При предаване на данни между камерата на летателен апарат и наземна станция е необходимо изображенията да се компресират. Това се прави с цел предаване на по-малки по обем данни. Има два вида компресия на графични файлове – с големи загуби (Lossy) и без загуби (Lossless).

Методът, който е заложен да се използва, е компресия без загуби, чрез използване на минимизация на логически функции. След предварителна обработка изображението може да се раздели на битови равнини, които да се разделят на по-малки блокове. Блоковете се превръщат в булеви комуникационни функции, които като се минимизират се осъществява компресия на изображението.

4.1. Метод за компресия без загуба

Много изследователски работи са фокусирани върху развитието на различните методи за компресиране на данни (особено компресиране на изображения). Някои методи се базират на минимизиране на логически функции [8], [37], [48], [82], [156], [163]. Тази техника на компресиране използва битови последователности като логически условия и се опитва да опрости логически изрази, построени на базата на условия. Опростяването на логическите изрази предизвиква „изхвърлянето“ на някои терми и променливи от израза, което води до компресиране на входните данни чрез „изхвърлянето“ на съответните битове или последователности от битове.

Предлаганият в дисертационния труд метод за компресия се състои от два етапа: първата фаза се нарича минимизиране, а втората фаза се нарича построяване на блок.

Във фазата на минимизиране оригиналният файл с изображение се разделя на 16-битови последователности. След това всяка последователност от 16 бита се счита за минтерм от 16 променливи, които се наричат $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10}, b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{15}$, където индексът показва на коя позиция се намира променливата в минтерма. Например 1010101101101110 се счита за (4.1):

Ако сегмент може да бъде опростен до импликанта, то тази импликанта е опростената форма на сегмента. Такъв сегмент се нарича импликантен сегмент. Като пример $Q = 10101011011010101011011111010110110110110110101010110100101011011010101010101101101101011010011010101101101000$ се превръща в следния сегмент (4.4):

От уравнение (4.4) се вижда, че променливи b_0 , b_1 и b_2 са изхвърлени и импликантата се формира от $b_{15}\bar{b}_{14}b_{13}\bar{b}_{12}b_{11}\bar{b}_{10}b_9b_8\bar{b}_7b_6b_5\bar{b}_4b_3$.

Във фазата за минимизиране се използва методът на Куайн МакКласки (Quine McCluskey).

- Намиране на всички прости импликанти (импликанти, които не могат да участват в слепване) на функцията.
- Използване на тези прости импликанти в създаването на импликантните матрици, за да се намерят съществените импликанти на функцията. Съществените импликанти участват в уравнението за минимална форма на логическата функция.

Структурата на компресиран блок е показана на фиг. 4.1.

Фиг. 4.1. Структура на компресиран блок

Методът за компресия се изпълнява в следните стъпки (фиг. 4.2):



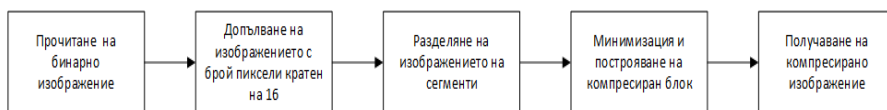
Фиг. 4.2. Стъпки за изпълнение при компресия на бинарни изображения чрез минимизация на функции със законите на алгебра на логиката

4.2. Прилагане на разработения метод върху конкретни изображения

4.2.1. Обща схема на метода за компресия

Работоспособността на разработения метод за компресия на бинарни изображения чрез използване на алгебра на логиката се проследява като се прилага върху поредица от изображения.

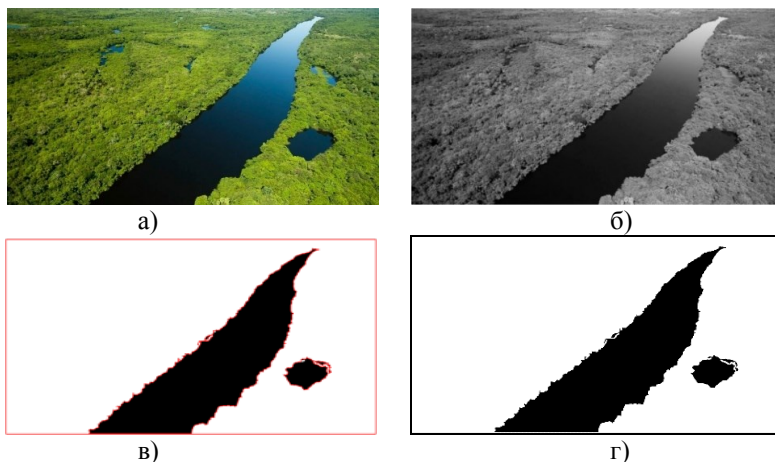
Последователността при изпълнение на метода е показана на фиг. 4.3.



Фиг. 4.3. Стъпки за изпълнение на метода за компресия на бинарни изображения

4.2.2.1. Изображение 1

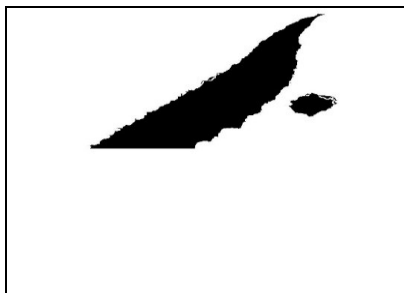
Едно от изображенията, върху които е приложен методът, е дадено на фиг. 4.6.



Фиг. 4.6. а) Оригинално цветно изображение; б) Представяне на цветното изображение в сивата скала
в) Откриване на контурите на водните площи в изображението; г) Получаване на бинарно изображение с отделените контури на водните площи в изображението

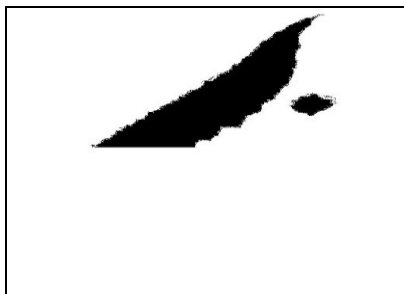
След получаване на бинарното изображение се преминава към компресията му. Първата стъпка от компресията е определяне на размера на изображението и допълване с брой битове, така че да се получи разделяне на изображението на блокове от 8 минтерма по 16 бита.

Допълването на битове става като на новите пиксели в матрицата се запише стойност 1, тъй като няма да се промени структурата на водната област (областта в черно) в бинарното изображение.



Фиг. 4.8. Допълване на изображението с брой пиксели кратни на 16

След допълване на изображението се преминава към стъпката на компресията му. Резултатът от компресията на изображението от фиг. 4.8 е даден на фиг. 4.9.



Фиг. 4.9. Компресирано изображение

Допълването на изображението става с брой битове до получаване на битове кратни на 16. В конкретния случай използваното изображение (фиг. 4.6a) е с размер 956x500 бита, така че ще се допълни до 1024 бита по ред и по колона (взема се по-голямата страна на изображението).

Новополученото изображение от 1024x1024 бита е разделено на 16 битови сегмента. Всеки 8 последователни сегмента се минимизират с метода на McCluskey. След минимизирането се получава изображението, показано на фиг. 4.8. Размерът на компресираното изображение е 5.03 KB, а на оригиналното – 6,62 KB.

Компресията и декомпресията са реализирани в MATLAB на персонален компютър и тествани върху примерни изображения. Ефективността на компресията се оценява чрез сравняване на размера на компресирания файл с размера на оригиналното изображение.

Таблица 4.2. Сравнение на коефициентите на компресия на WinZip, YALMIC и предложения метод.

	Изображение 1	Изображение 2	Изображение 3	Изображение 4
Размер на цветното изображение	227 KB	101 KB	288 KB	306 KB
Размер на сивото изображение	545 KB	304 KB	182 KB	311 KB
Размер на бинарното изображение	6,62 KB	29,5 KB	16,5 KB	38,6 KB
Компресия с WinZip	5,63 KB	25,9 KB	15,2 KB	37,4 KB
Коефициент на компресия с WinZip [%]	1,18	1,14	1,09	1,03
Компресия с YALMIC	5,21 KB	24,8 KB	14,92 KB	36,9 KB
Коефициент на компресия с YALMIC [%]	1,27	1,19	1,1	1,04
Компресия с предложения метод	5,03 KB	24,1 KB	14,98 KB	36,2 KB
Коефициент на компресия [%]	1,32	1,22	1,1	1,07

Използването на аритметично кодиране за компресия на двоично изображение води до по-висока степен на компресия (таблица 4.2), а времето за компресия е сравнително бавно. Методът за комбинирано моделиране намалява размера на данните, които се кодират с аритметично кодиране. Методът се изпълнява по следния начин: еднаквите области се кодират с по-малко изчисления, а при областите с повече вариации се използва аритметично кодиране.

Изводи

- Предложен е модифициран метод за компресия на бинарни изображения чрез минимизация на логически функции със законите на алгебра на логиката.
- Експериментално е доказано, че при сравнение на работните оценки предложения метод за компресия постига по-висок коефициент на компресия и по-малък размер на компресирания файл спрямо WinZip и съществуващия метод за бинарна компресия YALMIC.

Общи изводи и заключение

В дисертационния труд е направен анализ на различни методи за предварителна обработка на изображения, сегментация на изображения, откриване на контури, разграничаване на небе в изображения и компресия на изображения.

Предложен е алгоритъм за откриване на контури в изображение и изчисляване на контурната област. За откриване на ръбовете в изображението се използва детекторът на ръбове Canny. Изчисляването на контурната област се осъществява с програма, изпълнена на MATLAB и се сравнява с получената контурна област в Photoshop.

Предложен е модифициран метод за компресиране на двоични изображения, предавани в реално време. Методът е подходящ за изображения, които трябва да се предават без загуба и за кратко време. Емпиричният анализ показва, че в сравнение с WinZip и YALMIC се постига по-висока степен на компресия.

Предложен е алгоритъм за сегментация на цветно изображение, откриване на контури и изчисляване на размера на контурната област. Сравнява се размерът на контурната област, открита с оператор Canny и с алгоритъма за сегментация на цветно изображение. Откриването на контури чрез сегментация на цветното изображение постига по-добри резултати, тъй като се избягва влиянието на светлосенките в изображението.

Предложен е алгоритъм за разграничаване на небе от водни обекти в изображение. Предварително се сегментира цветното изображение и се откриват контури, в които има нюанси на синьото. На базата на различни нюанси на небето се изчислява средната стойност на RGB каналите на небето. Алгоритъмът е реализиран в програмна среда MATLAB.

Основните резултати от изследванията и експериментите в дисертационния труд са публикувани в доклади в международни конференции и списания, четири от които са реферирани в международната научна база данни „Scopus“.

Приноси по дисертационния труд

Научно-приложни приноси

1. Предложени са алгоритми за определяне контурите на водни площи от изображения в сивата скала и цветни изображения.
2. Модифициран е метод за компресия на бинарни изображения, приложим за отдалечено наблюдение на екосистеми.
3. Предложен е алгоритъм за разграничаване на водни обекти от небе в определен клас изображения.

Приложни приноси

1. Разработен е софтуер за откриване на контури в определен клас изображения, представени в сивата скала.
2. Разработен е софтуер за откриване на контури и площта им в цветни изображения.
3. Разработен е софтуер за разграничаване на обекти с еднаква оцветеност.
4. Разработен е софтуер за компресия на бинарни изображения.

Публикации по дисертационния труд

[П.1] **Спасова Г.**, „Влияние на размера на блока при компресия с минимизация на булеви функции” СБОРНИК ДОКЛАДИ Международна научна конференция УНИТЕХ ТУ-Габрово, гр. Габрово, том II, ISSN 1313-230X, 2016 г., стр. 366-370

[П.2] **Спасова Г.**, Бойчев И. “Методи за компресия на изображения - сравнителен анализ” СБОРНИК ДОКЛАДИ Четвърта научна конференция с международно участие "Компютърни науки и технологии" ТУ-Варна, гр. Варна, том 1, ISSN 1312-3335, 2016 г., стр. 76-82

[П.3] **Spasova G.**, „A Method for Contour Detection of Water Areas“, CompSysTech '19, June 21–22, 2019, Ruse, Bulgaria, pp. 175-179 (индексирана в SCOPUS)

[П.4] **Spasova G.**, „A METHOD OF BINARY COMPRESSION“, XVI-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA 2019, 6-8 June 2019, Varna, Bulgaria, pp. 647-651 (индексирана в SCOPUS)

[П.5] **Spasova G.**, „A METHOD FOR SEGMENTATION OF COLOR IMAGES AND CONTOUR DETECTION“, Nineteenth International Conference on Geometry, Integrability and Quantization, June 03–08, 2019, Varna, Bulgaria (индексирана в SCOPUS)

[П.6] **Spasova G.**, „A method for distinguishing sky from water in an image“, International Conference Biomedical Innovations and Applications – 2019, November 08–09, 2019, Varna, Bulgaria (индексирана в SCOPUS)

Abstract

PhD Thesis Title: Development and research of image processing algorithms in objects and following systems
of the requirements for the degree Doctor of Philosophy
By: Gergana Vasileva Spasova

The dissertation examines methods and algorithms for image processing and compression. Chapter 1 provides an overview of existing methods and algorithms for image segmentation and binary image compression. It considers the advantages and disadvantages of edge detection operators - Sobel, Prewitt, Roberts, Canny, Laplacian of Guassian (LoG), Zerocross in segmentation of gray scale images. A comparison has been made between color image segmentation methods, based on similarity and interruption. Chapter 2 proposes an algorithm for segmenting images on a gray scale. An algorithm is proposed to detect contours of water areas in an image and calculate the size of the contour area. Canny Edge Detection Operator is used to detect the contours and segment the image. Experimental studies have been carried out to evaluate the performance of the proposed method. Chapter 3 proposes an algorithm for segmenting a color image for recognition of water areas. After the water areas, the contours of the water

terrains are separated and the significance of the particular contour is calculated. Emphasis is placed on the color image, since with the segmentation of an image in the gray scale, parts of the water terrains are lost due to the presence of shadows in the water bodies. This chapter also addresses another problem, namely the distinction between sky and water. Distinguishing different objects with the same color structure requires further processing of the image. Experimental studies have been performed to evaluate the proposed algorithm. Chapter 4 proposes a modified lossless binary image compression method by minimizing logic functions using the laws of logic algebra. This is done to transmit smaller data volumes between ground stations. Experimental studies of the proposed method have been conducted.