

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მიხეილ კელენჯერიძე

პარალელურად გადამცემი ანტენების გაუმჯობესება ულტრამაღალი  
მაგნიტური ველის მაგნიტურ-რეზონანსულ ტომოგრაფიაში

სადოქტორო პროგრამა „საინჟინრო ფიზიკა“

შიფრი 0719

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2021 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში

ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფ. ქეთევან კოტეტიშვილი

რეცენზენტები: -----

-----

დაცვა შედგება 2021 წლის "-----" -----, ----- საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო ფიზიკის და

მასალათმცოდნეობის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს

სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოს მდივანი: გ. გოდერძიშვილი

## თემის აქტუალურობა

პარალელურად გადამცემი (პგ) ანტენები წარმოადგენენ მაგნიტურ-რეზონანსული ტომოგრაფიის (მრტ) უპირობო გაუმჯობესებას, რომელიც გამოწვეულია გადამცემი რადიოსიხშირული ველის ანტენების გაზრდილი თავისუფლების ხარისხით. ამავდროულად პგ ანტენები ხასიათდებიან კომპლექსურობით არა მხოლოდ სტრუქტურული თვალსაზრისით, ასევე საჭირო დამხმარე კომპონენტებისა (როგორცაა სპეციფიკური რადიოსიხშირული გამამლიერებლები, დამცავი ეკრანი და სხვ.) და მათემატიკური მოდელირების მხრივ, რომელიც აუცილებელია კომპიუტერულად მართვადი გადამცემი რადიოსიხშირული სიგნალის გენერირებისათვის. მრტ-ში პარალელურად გადამცემი სისტემების გამოჩენის შემდგომ საჭირო გახდა მისი დახვეწა და გამარტივება. დღესდღეობით მრავალი კვლევა მიმდინარეობს პარალელურად გადამცემი სისტემების სხვადასხვა პროცესის გასაუმჯობესებლად, მაგალითად, გამოთვლითი ტექნიკის გამარტივება ან პროცესის შემოკლება. მიუხედავად მისი უპირატესობისა, პგ სისტემები კლინიკურ კვლევებში ფართოდ გავრცელებული არაა. ამის ძირითადი მიზეზები არის დანერგვის სირთულე, ღირებულება, და შედარებით ხანგრძლივი მოსამზადებელი პროცესი. აღნიშნული პრობლემების საპასუხოდ, ერთერთი თვალსაჩინო მაგალითია UP (Universal Pulses) მეთოდის ინტეგრაცია. აღნიშნული მეთოდოლოგია ხელსაყრელია სამიზნე ჯგუფების გამოკვლევების დროს. სტანდარტულად, მრტ-ში პარალელურად გადამცემი სისტემის გამოყენებისას, პაციენტის გადაღებამდე მოსამზადებელი პროცესი შეადგენს დაახლოებით 10-15 წუთს. ამ დროის განმავლობაში, ძირითადი გადაღების დაწყებამდე ხდება ანათვალების აღება, რომელიც საჭიროა რადიოსიხშირული სიგნალისა და გრადიენტული კოჭების შემავალი პარამეტრების განსასაზღვრად. UP მეთოდი საშუალებას იძლევა კონკრეტული გამოკვლევის ტიპისათვის ერთხელ შედგეს აღნიშნული პროცესი და განისაზღვროს პარამეტრები რომელსაც იმავე კვლევის სხვა პაციენტებზეც გამოიყენებენ და აღარ არის

საჭირო თითოეული პაციენტისთვის მოსამზადებელი პროცესის ხელახლა გავლა. აღნიშნული ტექნიკის გამოყენება არის მცირედი ნაბიჯი პგ სისტემების ხელმისაწვდომობისაკენ და იგი საჭიროებს განვითარების კიდევ რამდენიმე ეტაპს.

## **მეცნიერული სიახლე**

ჩემს მიერ ინიცირებული ტექნიკა ემსახურება პარალელურად გადამცემი სისტემის გამარტივებას და ხელმისაწვდომობის გაზრდას. მეთოდოლოგია მდგომარეობს გადამცემი არხების დაწყვილებაში მათი ურთიერთანაკვეთის გათვალისწინებით, რაც ამცირებს სამართავი არხების რაოდენობას და შესაბამისად მისთვის განკუთვნილ საჭიროებებს.

შევადგინე მეთოდოლოგია, რომლიც შედგება რამდენიმე ეტაპისაგან და მისი გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერი პარალელურად გადამცემი ანტენისათვის, განურჩევლად ანტენის ელემენტის რაოდენობის, ტიპისა (ჩარჩოსებრი, დიპოლური, მიკროფენიანი ზოლის, მათი კომბინაციისა თუ სხვის) და ანტენის ელემენტების სივრცული განლაგების. მეთოდოლოგიაში გამოყენებული მიდგომა და გამოყენებული მათემატიკური მოდელი ითვალისწინებს ყველაზე ოპტიმალური წყვილების შერჩევას, რომლებიც ქმნიან გადამცემ რადიოსიხშირულ ველს. გარდა ამისა, წარმოდგენილი მოდელი იძლევა შესაძლებლობას შემდგომი მოდიფიკაციის, რომლის მიზანიც იქნება სხვა ტიპის ოპტიმიზაცია, მაგალითად ორზე მეტი გადამცემი არხების დაწყვილება.

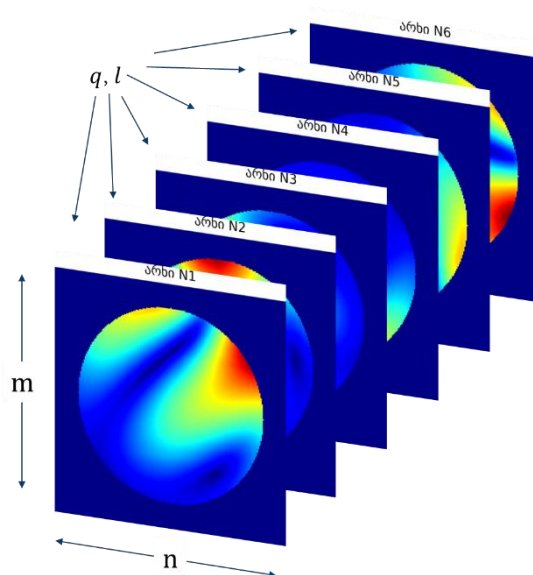
მეთოდოლოგია მოიცავს Kuhn-Munkers-ის ალგორითმს წყვილების შესარჩევად. ინფორმაციის შედარებისათვის გამოყენებულია გადამცემი რადიოსიხშირული სიგნალის, მაგნიტური კომპონენტის საშუალო კვადრატული ცდომილების მნიშვნელობები, რომლებიც გამოთვლილია ორ განსხვავებულ პარალელურად გადამცემ ანტენას შორის.

## სამუშაოს მიზანი

ნაშრომში წარმოდგენილი მეთოდოლოგია მიზნად ისახავს პარალელურად გადამცემი სისტემის გამარტივებას. იგი ემყარება გადამცემი არხების დაწყვილებას შერჩევითი მეთოდით. ძირითადი პრინციპი მდგომარეობს წყვილებად იმ არხების არჩევაში, რომელთა გადამცემ ველებსაც ყველაზე ნაკლები თანაკვეთა აქვთ. ამისათვის აგებულია თითოეული გადამცემი არხის რადიოსიხშირული ტალღის მაგნიტური კომპონენტის რუქები ( $B_1^+$ ) და მათ შორის მინიმალური თანაკვეთის წყვილები არჩეულია საშუალო კვადრატული ცდომილების გამოთვლით თითოეულ არხს შორის. საშუალო კვადრატული ცდომილების განსაზღვრა პირობითად  $q$  და  $l$  გადამცემი არხების  $B_1^+$  რუქებს შორის გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$MSE_{q,l} = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [b_q(i,j) - b_l(i,j)]^2 \quad (1)$$

სადაც  $m$  და  $n$  წარმოადგენენ  $B_1^+$  რუქების განზომილებას,  $b_q$  და  $b_l$  წარმოადგენენ  $q$ -ური და  $l$ -ური გადამცემი არხების  $B_1^+$  რუქებს შესაბამისად

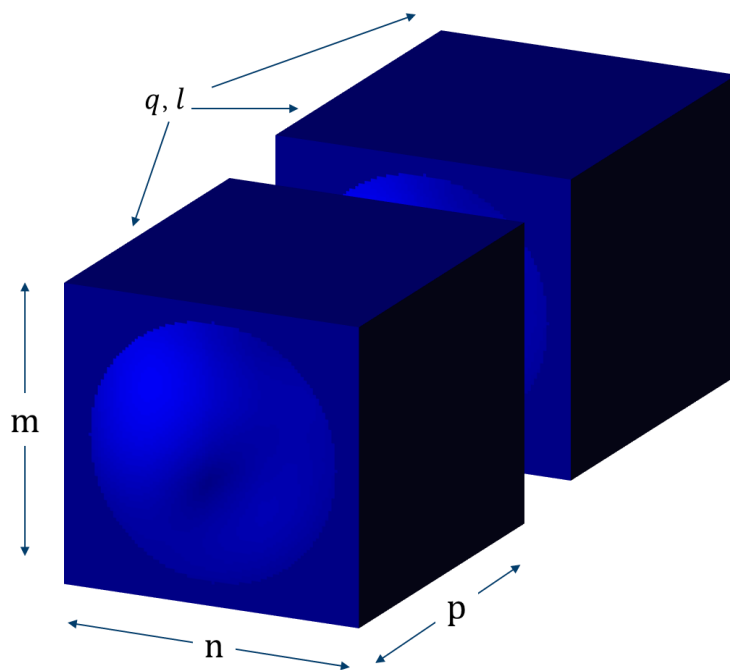


ნახაზი 1: საშუალო კვადრატული ცდომილების გამოთვლისათვის საჭირო არგუმენტები

კვლევაში ერთმანეთთან შესადარებლად ასევე გამოყენებულია  $B_1^+$  რუქების სამგანზომილებიანი მონაცემები, ამ შემთხვევაში საშუალო კვადრატული გადახრა გამოთვლილია შემდეგი ფორმულით:

$$MSE_{q,l} = \frac{1}{m \times n \times p} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{k=0}^{p-1} [b_q(i, j, p) - b_l(i, j, p)]^2 \quad (2)$$

სადაც, განტოლება 1-სგან განსხვავებით, დამატებულია  $p$  კომპონენტი სამგანზომილებიანი მონაცემის შემოტანისას.



ნახაზი 2: საშუალო კვადრატული ცდომილების გამოთვლისათვის საჭირო არგუმენტები სამგანზომილებიანი მონაცემებისთვის

გადამცემი არხების დაწყვილებისათვის საჭიროა გამოთვლილი საშუალო კვადრატული ცდომილების მნიშვნელობების ერთმანეთთან შედარება და მაქსიმალურად განსხვავებული მნიშვნელობების წყვილების არჩევა. აღნიშნული წყვილების ასარჩევად გამოყენებულია ე.წ. Kuhn–Munkres-ის განაწილების ალგორითმი, რომლისთვისაც სამიზნე კომპონენტი არის ისეთი წყვილების არჩევა, რომელიც შესაძლო ვარიანტებიდან

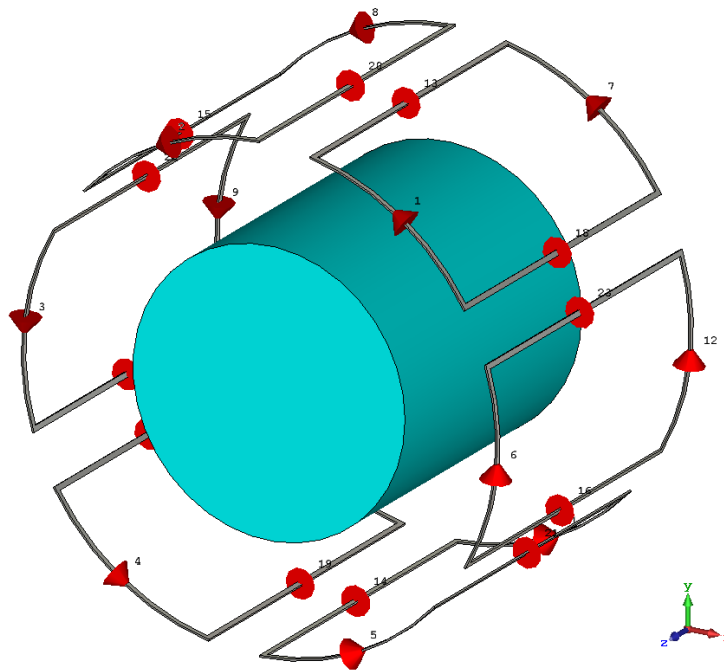
იძლევიან ყველაზე მაღალ ჯამს - ანუ ამ შემთხვევაში ყველაზე მეტად განსხვავებულ წყვილებს.

### კვლევა

კვლევაში გამოყენებული ობიექტები და მეთოდები წარმოდგენილია მომდევნო ორ ქვეთავში.

### კვლევის ობიექტი

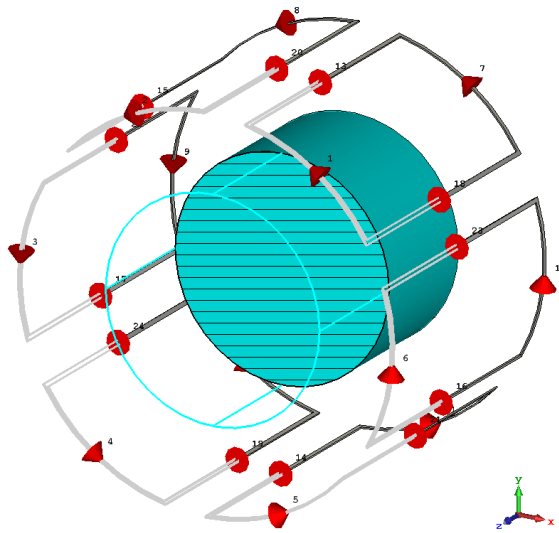
მეთოდოლოგიის განხორციელებისათვის აგებულია ორი სიმულაციური მოდელი. პირველი შედგება ფანტომის ირგვლივ განლაგებული ექვსი დამოუკიდებლად მართვადი ანტენის ელემენტისგან (ნახაზი 3).



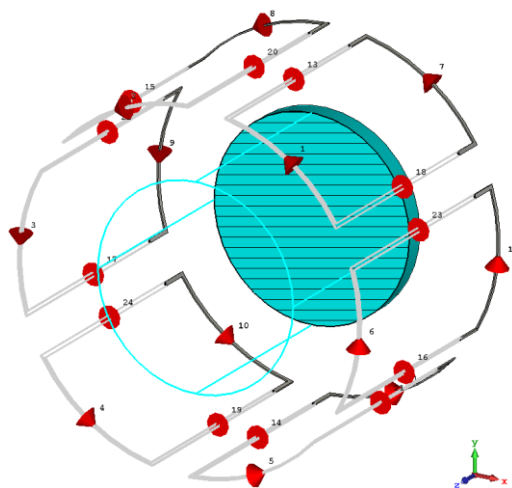
ნახაზი 3: ექვსარხიანი ერთრიგიანი პარალელურად გადამცემი ანტენა

სიმულაციურ პროგრამაში შეტანილია ელექტრო კომპონენტები სრული ფუნქციონირებისათვის. ასევე ანტენის ცალკეული ელემენტების სიხშირე გასწორებულია 300 მჰც ლარმორის სიხშირეზე, რომელიც შეესაბამება 7 ტ მრტ-ს.

კვლევისათვის შევარჩიე ანტენის ორი ჭრილი: პირველი – ჭრილი A, რომელიც განთავსებულია  $XOY$  სიბრტყეზე ანტენის გეომეტრიულ ცენტრში (ნახაზი 4) და მეორე - ჭრილი B, ასევე  $XOY$  სიბრტყეზე, გეომეტრიული ცენტრიდან 75მმ მანძილზე  $Z'$  ღერძის მიმართულებით (ნახაზი 5).



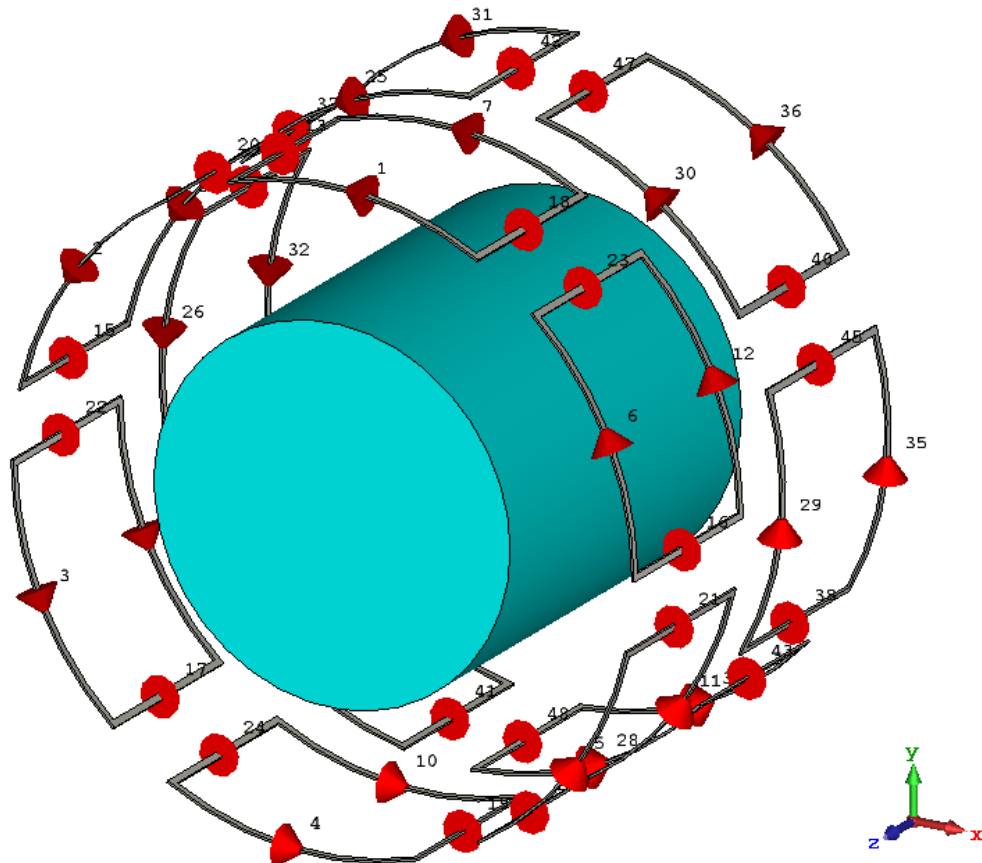
ნახაზი 4: ექვსარხიანი ერთრიგიანი პარალელურად გადამცემი ანტენის ჭრილი A



ნახაზი 5: ექვსარხიანი ერთრიგიანი პარალელურად გადამცემი ანტენის ჭრილი B



კვლევისათვის ასევე აგებულია მეორე სიმულაციური მოდელი რომელიც წარმოადგენს თორმეტარხიან, ორრიგიან პარალელურად გადამცემ ანტენას (ნახაზი 6). ამ ექსპერიმენტისას დათვლები გაკეთებულია არა რომელიმე შრეზე არამედ მთლიან მოცულობაზე, რაც ზრდის შედეგის საიმედოობას.



ნახაზი 6: თორმეტარხიანი ორრიგიანი პარალელურად გადამცემი ანტენა

კვლევის ორივე ობიექტის შემთხვევაში, ფანტომის მონაცემები თანხვედრაშია ადამიანის თავის ტვინის რუხ ნივთიერებასთან, რაც უზრუნველყოფს შედეგების მეტ სიზუსტეს.

### კვლევის მეთოდები

კვლევა შედგება რამდენიმე ძირითადი ეტაპისაგან, რომლებიც სქემატურად გამოსახულია ნახაზი 7-ზე.

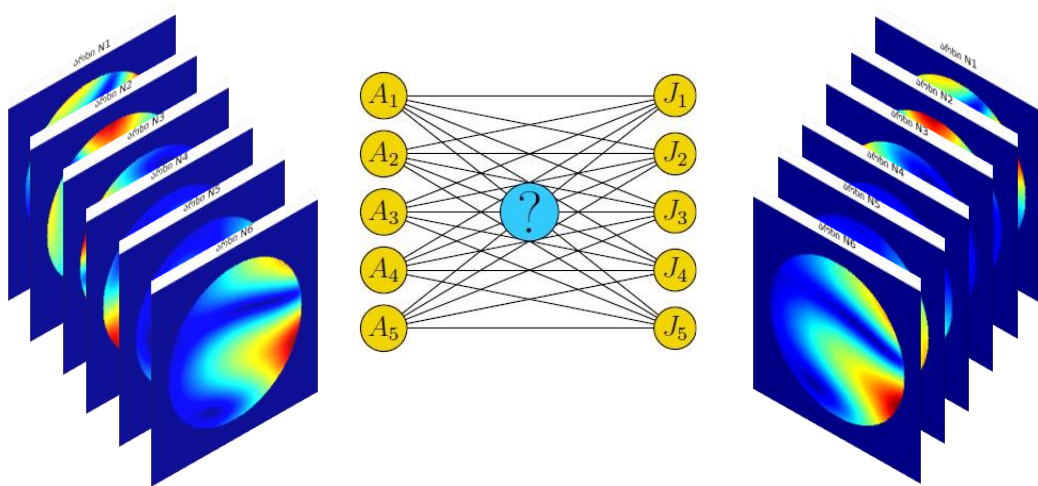


ნახაზი 7: კვლევის ძირითადი ეტაპები

გადამცემი მაგნიტური ველის რუქების აგებისათვის გამოყენებულია შემდეგი ფორმულა, სადაც შემავალი პარამეტრები მიღებულია სიმულაციური პროგრამიდან:

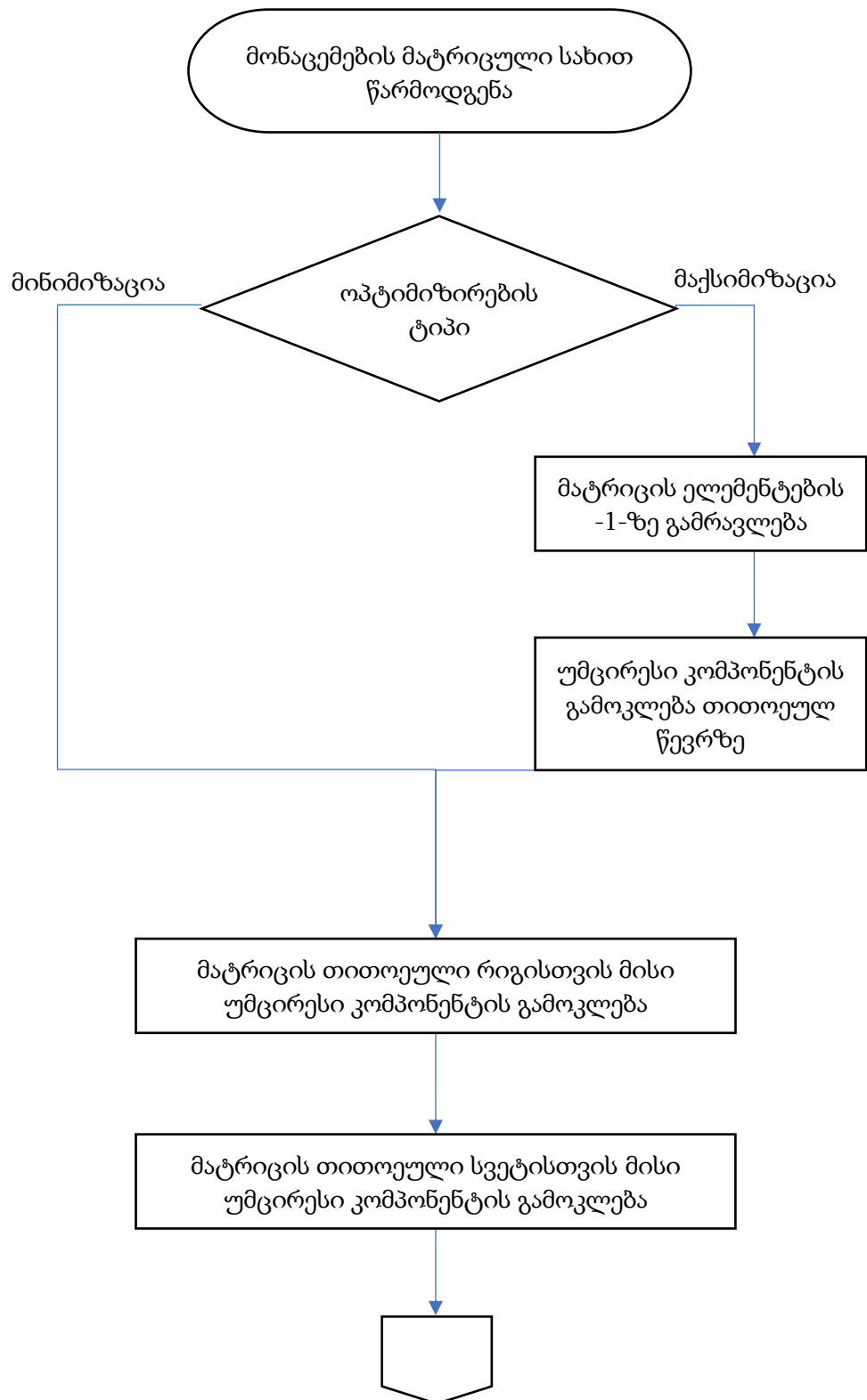
$$|B_+^1| = \sqrt{Re(B_x)^2 + Im(B_x)^2 + Re(B_y)^2 + Im(B_y)^2 + Re(B_z)^2 + Im(B_z)^2} \quad (1)$$

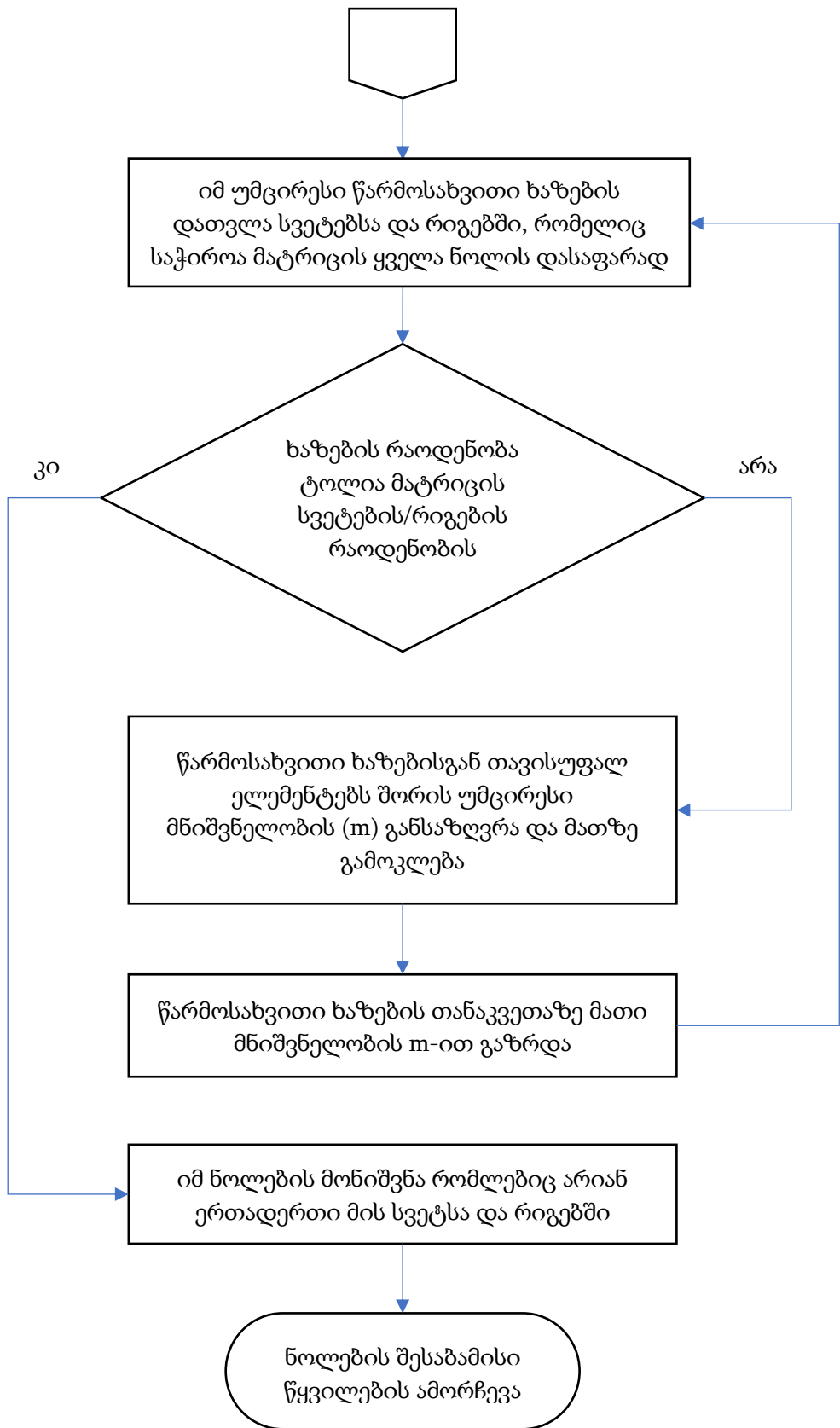
წყვილების შერჩევისათვის გამოყენებულია Kuhn–Munkres-ის, იგივე უნგრული ალგორითმი. იგი წარმოადგენს ოპტიმალური განაწილების შერჩევის ხერხს. მისი საშუალებით შესაძლებელია ორ მონაცემთა კრებულს შორის იმ ოპტიმალური წყვილების შერჩევა, რომელიც იძლევა მინიმალურ ან მაქსიმალურ ჯამს ყველა შესაძლო კომბინაციებიდან.



ნახაზი 8: განაწილების პრობლემის გრაფიკული გამოსახულება

აღნიშნული ალგორითმი რამდენიმე ეტაპებისგან შედგება, რომლებიც ბლოკ-სქემის სახით ქვემოთაა მოყვანილი.

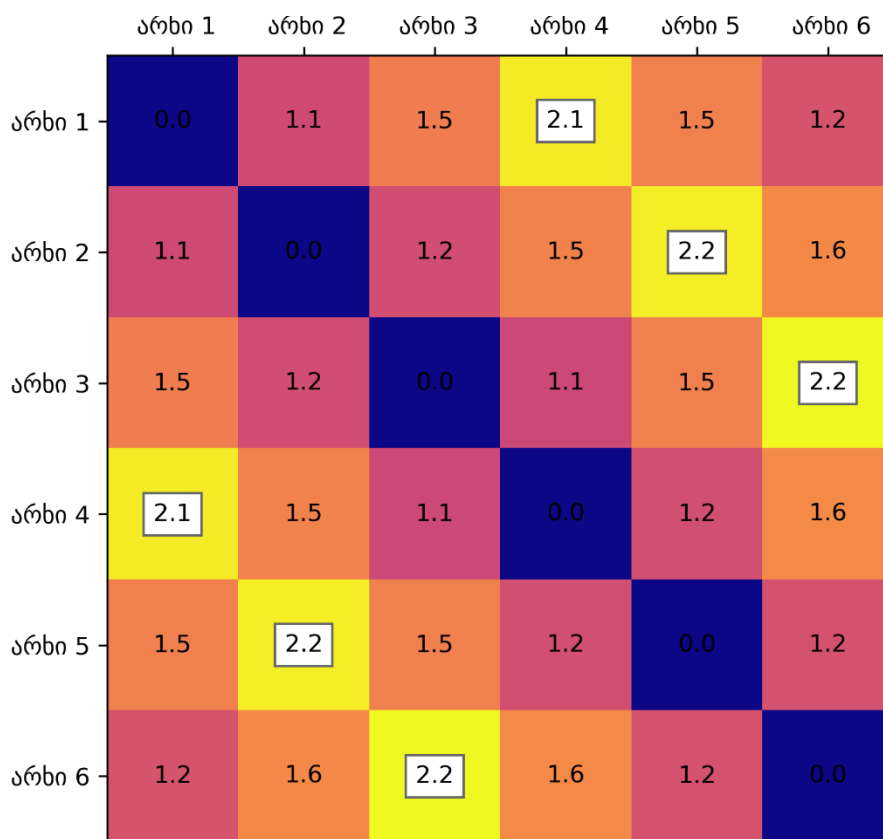




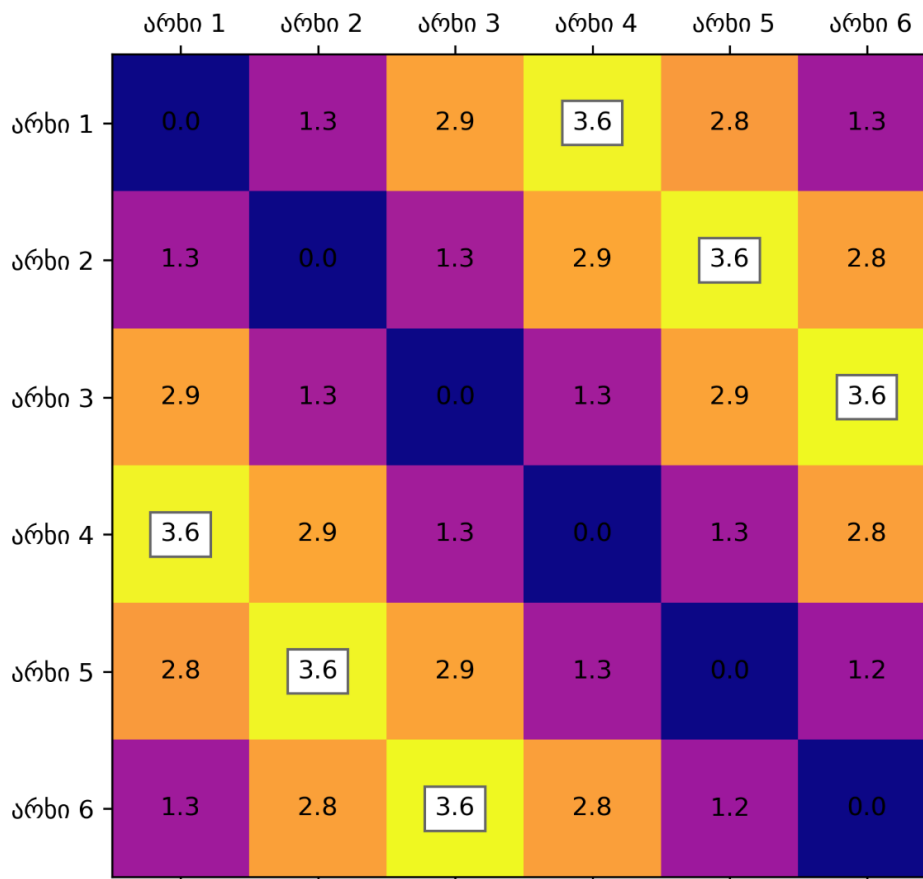
აღნიშნული ბლოკ-სქემიდან ჩანს რომ პასუხის დასადგენად შესაძლოა ალგორითმს დასჭირდეს რამდენიმე იტერაცია.

### კვლევის ძირითადი შედეგები და შედეგების გამოყენების სფერო

კვლევის ფარგლებში განსაზღვრულია საშუალო კვადრატული ცდომილებები თითოეულ არხს შორის და მათი მნიშვნელობების გათვალისწინებით, Kuhn-Munkers-ის ალგორითმის მეშვეობით შერჩეულია წყვილები. შერჩეული წყვილები ერთრიგისანი ექვსარხიანი პარალელურად გადამცემი ანტენისათვის, ჭრილი A-სთვის ნახაზი 9-ზე, ხოლო ჭრილი B-სთვის ნახაზი 10-ზე.



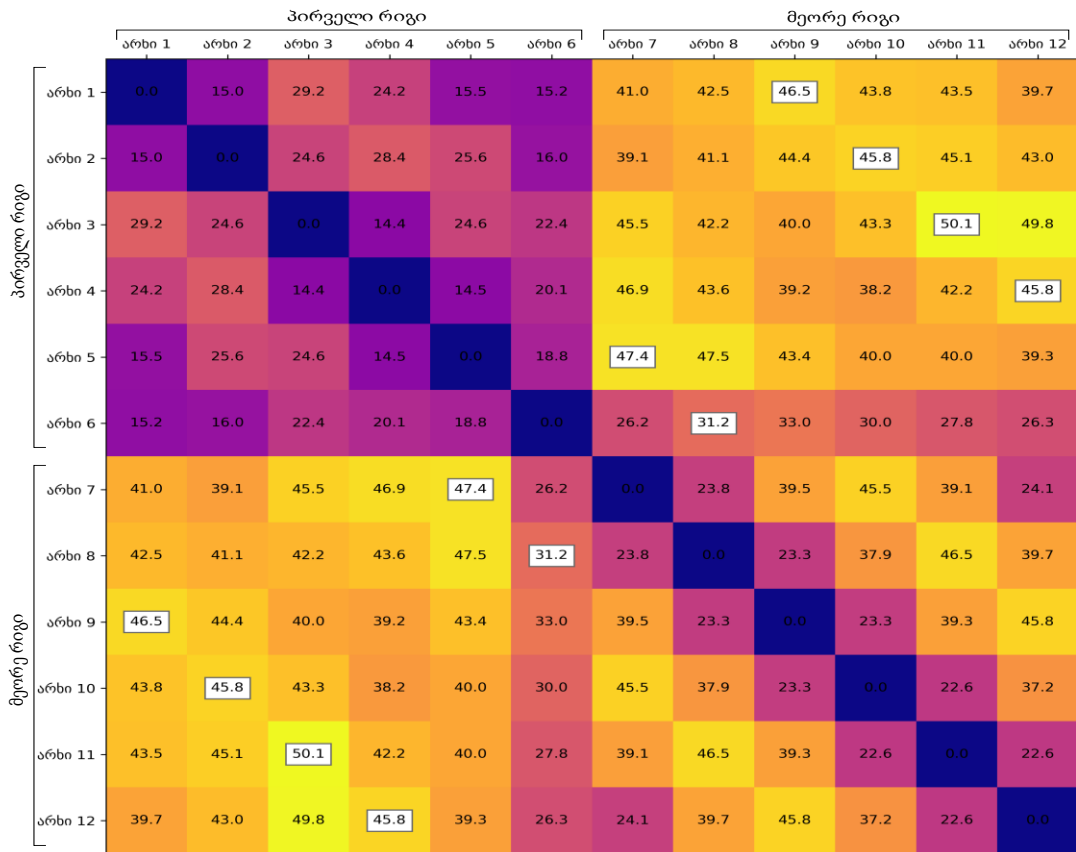
ნახაზი 9: მიღებული წყვილები ჭრილი A-სთვის



ნახაზი 10: მიღებული წყვილები ჭრილი B-სთვის

ორივე ჭრილზე ჩატარებული გამოთვლები ერთსადაიმავე შედეგზე მიუთითებს. აღნიშნულ სურათებზე ვიზუალური დაკვირვებით ასევე ნათლად ჩანს რომ ყველაზე დიდი სხვაობა არის არხი N1-სა და არხი N4-ს შორის, ასევე არხი N2-სა და არხი N5-ს შორის, და არხი N3-სა და არხი N6-ს შორის.

ანალოგიურად გამოთვლილია საშუალო კვადრატული ცდომილებები ორრიგიანი თორმეტარხიანი პარალელურად გადამცემი ანტენისათვის და აღნიშნულ მონაცემებზე Kuhn-Munkers-ის ალგორითმის შედეგად შერჩეული ოპტიმალური წყვილები ნაჩვენებია ნახაზი 11-ზე, სადაც თეთრი მართკუთხედით მონიშნულია მიღებული არხების წყვილები.



ნახაზი 11: შერჩეული წყვილები (მინიშნული თეთრი მართკუთხედებით) ექვსარხიანი ორრიგიანი პარალელურად გადამცემი ანტენისათვის

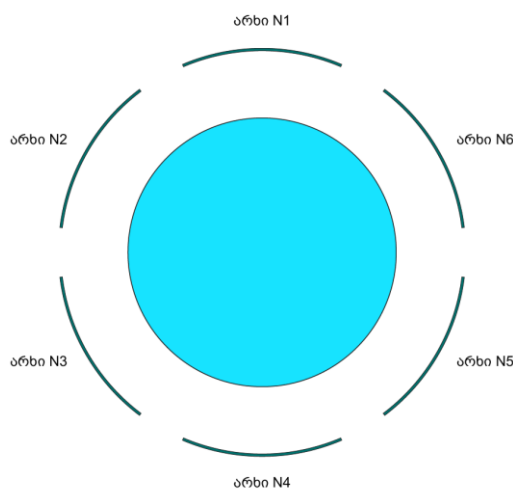
მიღებული შედეგები პირდაპირ იძლევა შესაძლებლობას განისაზღვროს გადამცემი არხების წყვილები, რომელთა დაკავშირებაც იძლევა პარალელურად გადამცემი ანტენების გამარტივებას.

### ცნობები დისერტაციის მოცულობისა და სტრუქტურის შესახებ

დისერტაცია შედგება 106 გვერდისაგან და შეიცავს რეზიუმეს ქართულ და ინგლისურ ენაზე. სადისერტაციო ნაშრომი რომელიც წარმოდგენილია 5 თავით: 1. შესავალი; 2. ლიტერატურის მიმოხილვა (19 ქვეთავი); 3. კვლევა (8 ქვეთავი); 4. დასკვნა; 5. გამოყენებული ლიტერატურა. ნაშრომში წარმოდგენილია 49 ნახაზი და 1 ცხრილი. ნაშრომის ბოლოს, გამოყენებულ ლიტერატურაში, წარმოდგენილია 84 წყარო.

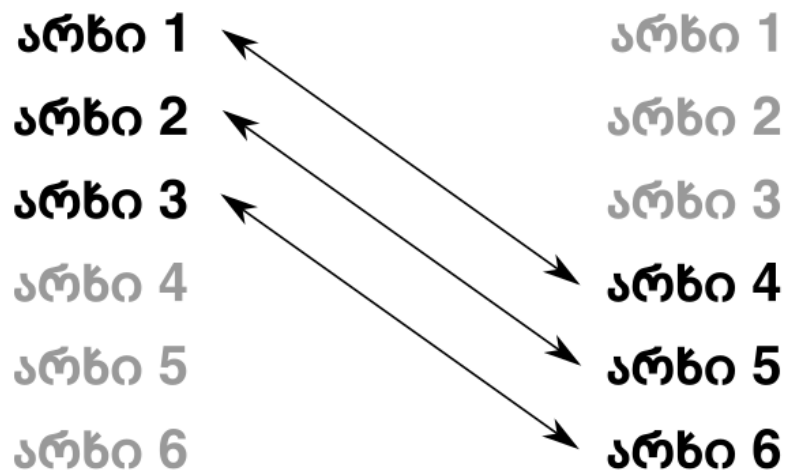
## დისერტაციის ძირითადი შედეგები

პირველ საკვლევ ობიექტზე მიღებული შედეგების მიხედვით, ნათლად ჩანს რომ დაწყვილებული არხები გეომეტრიულად განლაგებულია ერთმანეთის მოპირდაპირედ (ნახაზი 12). აღნიშნული შედეგის განსაზღვრა შესაძლოა ინტუიციურად სხვა მსგავსი ტიპის ერთრიგიანი ანტენებისათვის რომელთა ანტენის ელემენტები ერთნაირია და რაოდენობა ლუწი, რადგან ამ შემთხვევაში თითოეულ ანტენას ყავს მის მოპირდაპირედ განლაგებული ანტენის ელემენტი. აღნიშნული შემთხვევებისგან განსხვავებული ვარიანტების წინასწარ განსაზღვრა გაცილებით რთულია, განსაკუთრებით კი იმ შემთხვევებში როდესაც ანტენა შედგება რამდენიმე რიგისაგან, რაც საკმაოდ გავრცელებული შემთხვევაა პარალელურად გადამცემ ანტენებში. ასევე შესაძლებელია ანტენა შეიცავდეს სხვადასხვა ტიპის ელემენტებს, მაგალითად ჩარჩოსებრ და დიპოლურ ანტენებს რომლებიც საკვლევ ობიექტის ირგვლივ არათანაბრადაა გადანაწილებული. ამ მიზეზით, კვლევაში განხილული მათემატიკური მოდელი იძლევა გაცილებით მეტ თავისუფლებას პარალელურად გადამცემი ანტენის არქიტექტურის მიმართ.



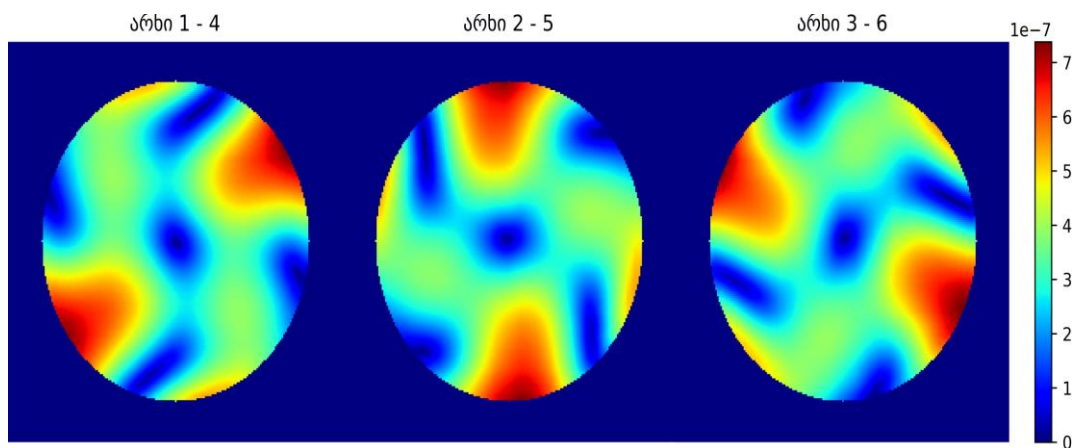
ნახაზი 12: არხების ურთიერთგანლაგება ექვსრიგიან ერთარხიან პარალელურად გადამცემ ანტენაში



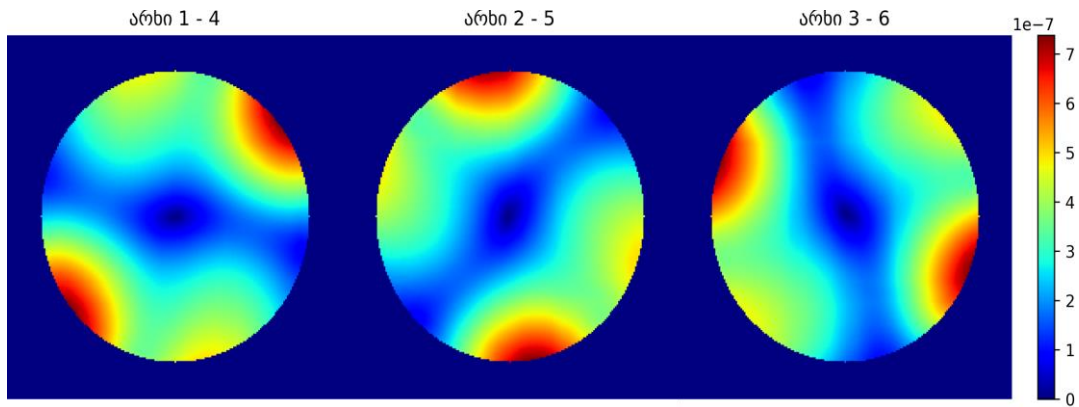


ნახაზი 13: შერჩეული წყვილები ერთრიგიანი ექვსარხიანი პარალელურად გადამცემი ანტენისათვის

მიღებული წყვილების საფუძველზე განსაზღვრულია ექვსელემენტის ერთრიგიანი ანტენის რადიოსიხშირული ტალღების მაგნიტური კომპონენტის რუკები, რომლებიც ნაჩვენებია ნახაზი 14-სა და ნახაზი 15-ზე.



ნახაზი 14: ექვსარხიანი ერთრიგიანი პარალელურად გადამცემი ანტენის არხების წყვილების გადამცემი რადიოსიხშირული ველის მაგნიტური კომპონენტის რუკები ჭრილი A-სთვის

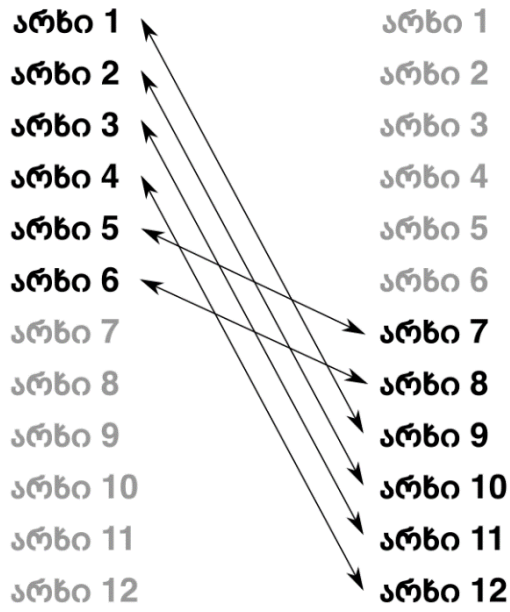


ნახაზი 15: ექვსარხიანი ერთრიგის პარალელურად გადამცემი ანტენის არხების წყვილების გადამცემი რადიოსიხშირული ველის მაგნიტური კომპონენტის რუკები ჭრილი B-სთვის

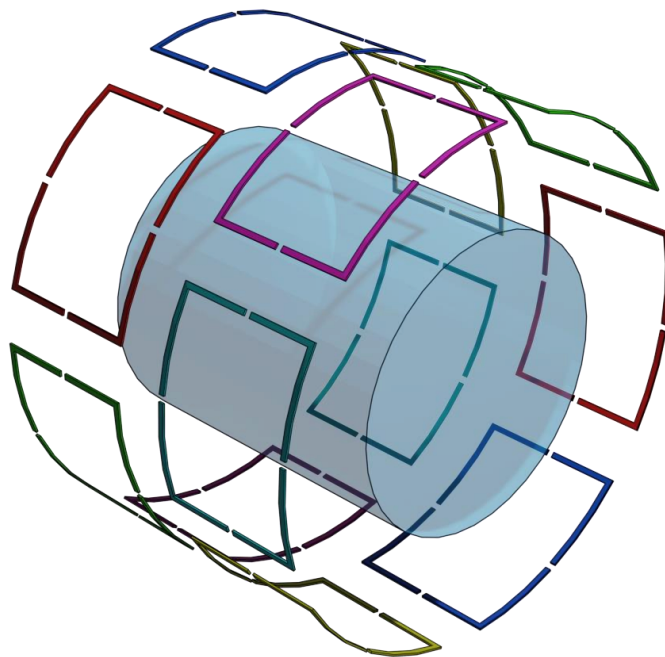
კვლევაში მოყვანილმა მეთოდოლოგიამ ექვსარხიან ერთრიგის ანტენაზე მოგვცა გადამცემი ანტენების რაოდენობის ორჯერ შემცირების საშუალება, რაც ამცირებს პარალელურად გადამცემი სისტემის საჭიროებებს დროისა და ტექნოლოგიური რესურსის სახით. აღსანიშნავია რომ მიმღები არხების რაოდენობა შეუცვლელია, რაც აუცილებელია გამოსახულების ხარისხის შენარჩუნებისათვის.

ორრიგის თორმეტარხიან პარალელურად გადამცემ ანტენაზე მიღებული შედეგების გათვალისწინებით, ყველაზე ოპტიმალური წყვილები ნაჩვენებია (ნახაზი 16).

მიღებული შედეგები გრაფიკულად ნაჩვენებია ნახაზი 17-ზე, სადაც საერთო ფერებით მონიშნულია დაწყვილებული არხები. აღნიშნულიდან ჩანს რომ დასაწყვილებელი არხები არიან ერთმანეთის მოპირდაპირე მხარეს და განსხვავებულ რიგში.



ნახაზი 16: Kuhn-Munkers-ის ალგორითმის შედეგად მიღებული წყვილები თორმეტარხიანი ორრიგიანი პარალელურად გადამცემი ანტენისათვის



ნახაზი 17: თორმეტარხიანი ორრიგიანი პარალელურად გადამცემი ანტენა, სადაც ერთი და იგივე ფერით მონიშნულია დაწყვილებული არხები

## ზოგადი დასკვნები

ნაშრომში განხილული მეთოდოლოგია წარმოადგენს პარალელურად გადამცემი სისტემის გამარტივების შესაძლებლობას მაგნტურ-რეზონანსულ ტომოგრაფიაში. მიღებული შედეგები წარმოდგენლია დასკვნების სახით:

- ნაშრომში წარმოდგენილი მეთოდოლოგია არის უნივერსალური და მისი გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერი ტიპის ანტენის ელემენტებისათვის, როგორცაა მაგალითად ჩარჩოსებრი დიპოლური, მიკროფენიანი ზოლის, მათი შერეული თუ სხვა ტიპებისათვის.
- აღნიშნული მეთოდოლოგიის გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერი ფორმისა და გეომეტრიული განლაგების მქონე ანტენის ელემენტებისათვის;
- ნაშრომში დამუშავებული მათემატიკური მოდელი იძლევა მაქსიმალურად განსხვავებული წყვილების შერჩევის შესაძლებლობას;
- წარმოდგენილი მეთოდოლოგიის ტიპი საშუალებას იძლევა ალგორითმი შეიცვალოს ისე, რომ შესაძლებელი იყოს არა მხოლოდ ორი არხის დაწყვილება, არამედ სამი ან მეტი არხის დაკავშირებაც, რომელიც მეტად შეამცირებს არხების რაოდენობას და შესაბამისად მათ საჭიროებებს.

მეთოდოლოგიის სპეციფიკიდან გამომდინარე გასათვალისწინებელია რამდენიმე ფაქტორი რომელიც რეკომენდაციის სახითაა წარმოდგენილი:

- კენტი რაოდენობის მქონე არხებისათვის წარმოდგენილი მეთოდოლოგიის გამოყენებისას უმჯობესია ერთ-ერთი არხის განცალკევება და პროცესის შემდგომ წარმართვა;
- შესაძლებელია აღნიშნული მეთოდოლოგიის განმეორებით გამოყენება დამატებით გამარტივებისთვის, თუმცა ამ

შემთხვევაში სასურველია პარალელურად გადამცემი არხების რაოდენობა არ იყოს მცირე;

- აღნიშნული მეთოდოლოგიის განმეორებით გამოყენებისას სასურველია შემოწმდეს გამარტივებული გზით მიღებული გამოსახულება, სტანდარტული გზით მიღებული გამოსახულების ერთ რომელიმე ჭრილზე საშუალო კვადრატული ცდომილების განსაზღვრით.

სადისერტაციო ნაშრომის შეჯამებისას მნიშვნელოვანია აღინიშნოს რომ წარმოდგენილი მეთოდოლოგია ზრდის ხელმისაწვდომობას პარალელურად გადამცემ სისტემებზე, გამარტივებული მეთოდოლოგიის საფუძველზე უმჯობესდება დრო და გამოთვლითი რესურსი.

### ინფორმაციას ნაშრომის აპრობაციის შესახებ

სადისერტაციო კვლევის ფარგლებში გამოქვეყნებულია რამდენიმე სამეცნიერო ნაშრომი, რომლებიც წარმოდგენილია სიის სახით:

1. Kotetishvili K., Kelenjeridze M., Khechiashvili T. Use of dipole antenna in microwave radiometry. In: *5th International Conference "Nanotechnologies."* 2018. p. 1.
2. Kotetishvili K., Kelenjeridze M., Khechiashvili T. Use of Dipole Antenna in Microwave Radiometry. *J. Pharm. Appl. Chem.* 2019, 5, 2, 71–3.
3. კელენჯერიძე მ. წინასწარ განსაზღვრული მაგნიტური ველის ფორმირება პარალელურად გადამცემი ანტენების მეშვეობით მაგნიტურ რეზონანსულ ტომოგრაფიაში. *Nano Stud.* 2020, 20, 31–6.
4. Kotetishvili K., Kelenjeridze M. Overview of Parallel Imaging and Parallel Transmit techniques of the Magnetic Resonance Imaging. *Journal of Applied Electromagnetism.* 2020, 22, 1.
5. Kotetishvili K., Kelenjeridze M. Simplifying parallel transmit coils by selectively pairing the channels. *Journal of Applied Electromagnetism.* 2021, 23, 1

## საავტორო მოწმობების სია

1. ნაშრომში წარმოდგენილი ნახაზი 15 - ლიცენზია: John Wiley and Sons, ნომერი: 5094991265413
2. ნაშრომში წარმოდგენილი ნახაზი 16 - ლიცენზია: John Wiley and Sons, ნომერი: 5030200027544

# Abstract

## Improving parallel transmit coils for ultra-high field Magnetic Resonance Tomography

Magnetic Resonance Tomography is one of the leading technologies in medical imaging. It is used for humans' and animals' different body parts examinations as well. Mainly the MRT is used for soft tissue imaging, such as the brain. Imaging the brain by the MRT can be used for clinical diagnosis and finding the anomalies, also it is possible to research tractography of the neurons and axons and determining the functional areas in the brain by the Functional Magnetic Resonance Tomography. In these fields, the quality of the Magnetic Resonance Tomography exceeds the possibilities of other technologies, such as Computer Tomography (CT). Also, it should be mentioned that Magnetic Resonance Tomography is not using ionizing radiation, which can potentially damage the biological tissue distinctly to the CT. The principle of the MRI is based on manipulating Hydrogen (in some cases other nuclei as well) spins with the help of the main static magnetic field, gradient coils, and receive-transmit coils. Magnetic Resonance Tomography has its downsides such as avoiding implanted patients and objects with metallic parts, monitoring the Specific Absorption Rate during the examination, and the cost of the scanner, but instead of this, Magnetic Resonance Tomography is unchangeable technology for clinical examinations and research.

This field is developing day by day, and its opportunities is expanding as well. Developing the MRI system supports the implementation of the various complex systems, such as parallel transmit (pTx) coils. Their implementation mainly became necessary after introducing the larger static magnetic field MRT scanner, because conventional coils do not offer a homogenous transmit field, which is reflected in the image quality too. The principle of the parallel transmit coils is based on the increased degree of freedom, which makes it possible to control the transmit fields advanced way, solve the field inhomogeneity if necessary or produce spatially tailored spin excitation. This technology provides expanded opportunities for Magnetic Resonance Tomography, but using them for clinical purposes widely, meets several difficulties because of its complexity.

The methodology described in this thesis represents a control mechanism for the degree of freedom, that simplifies the pTx system on the desirable level. This methodology is based on the pairing of transmit channels regarding the specific algorithm, which aims the least decrease the image quality, by choosing the transmit channel's pairs optimally. The magnetic component of the transmit radiofrequency fields, which describes the sensitivity of the specific channel in the research subject, is used to choose the pairs optimally. Channels are sorted and the best pairs are chosen based on the transmit magnetic fields, with the help of the methodology described in the thesis. Pairing the transmit channels decreases the physical

necessities (like electric components and equipment) for the transmit up to a factor of two and reduces the computational needs, which directly affects the preparation time required before the examination.

There are described two simulated research objects in the thesis, the first is a six-channel one-row parallel transmit antenna, and the second is a twelve-channel two-row parallel transmit antenna. Innovative simplification methodology is applied to these objects. For the first object, analysis is made on two conditionally chosen slices, as on the two-dimensional transmit magnetic field maps. Whereas the whole volume is used for the second object - as a three-dimensional transmit magnetic field map. It worth mentioning that the results from both objects are logically linked. For the first research object, which is one-row, analysis on both slices showed that pairing channels are on opposite sides to each other. For the second object, which is two-row, the pairing channels are on the opposite sides and in a different row. For the first research object, the initial number of transmit channels was six and after simplification, it became only three, whereas for the second object, the initial number of transmit channels was twelve and it reduced to six.

The methodology described in the thesis, which aims the simplification the parallel transmit channels and increasing their accessibility, is a universal method, which can be applied to any type of parallel transmit antenna. It can be used regardless of the type of antenna element (loop, dipole, microstrip line, their combinations, etc.) and the geometrical arrangement of those antenna elements. Specific parallel transmit antenna can be simplified as one process in the initial stage and does not require to interfere in every examination. These features make the methodology more favorable to be implemented.