

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

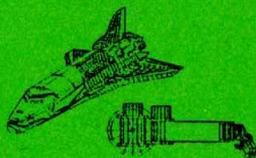
---

სამეცნიერო-ტექნიკური  
კონფერენციის

# ParametricCAD'98

ურობები

26-27 ნოემბერი  
1998 წელი  
თბილისი



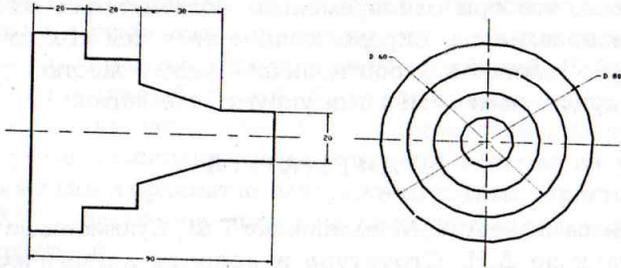
# სახარატო ზონების სინთეზი მიზანმიმართული ბადარჩავის მეთოდით

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
CAD/CAM-ის ჯგუფი

ასპირანტი ა.მამამთავრიშვილი

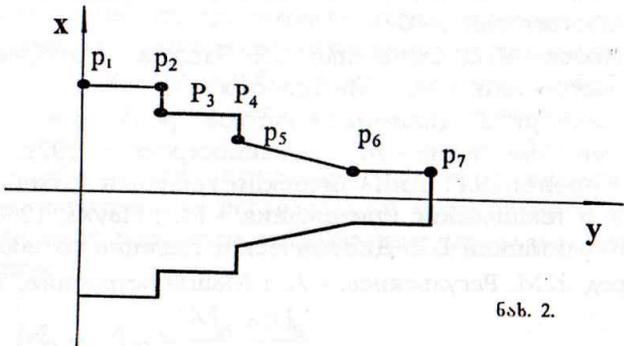
სახარატო ზონების სინთეზი წარმოადგენს მექანიკური  
დამუშავების ტექნოლოგიური ოპერაციების კომპიუტერული  
პროექტირების ერთერთ ამოცანას.

ზოგადად, ტექნოლოგიური ოპერაციების კომპიუტერული  
პროექტირება მჭიდროდაა დაკავშირებული გეომეტრიული გარდაქმნების  
შესრულებასთან. ამასთან, I დონის გეომეტრიული გარდაქმნისას  
საკონსტრუქტორი



ნახ. 1.

ნახაზის (ნახ. 1) სახით მოცემული დეტალის გეომეტრიული მოდელიდან  
ხორციელდება ოპერაციული ნახაზის(ნახ. 2)



ნახ. 2.

გამოყოფა, რომელიც აღწერს დეტალის მხოლოდ გეომეტრიულ  
ტოპოლოგიას, მოცემულს ელემენტარული ზედაპირების შეერთებებზე  
წარმოქმნილი საყრდენი წერტილების თანმიმდევრობითა და მათი  
კორდინატებით ანუ ვექტორის საშუალებით. II დონის გარდაქმნისას კი  
ოპერაციული ნახაზიდან მექანიკური დამუშავების ზონების გამოყოფა.

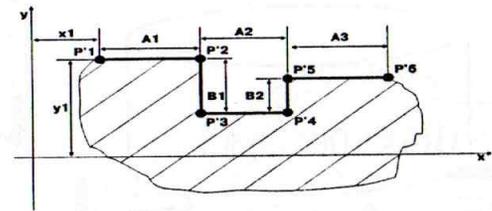
მექანიკური დამუშავების ზონა შედგება ცალის მხრივ დეტალის  
ოპერაციული ნახაზისაგან, ხოლო 2 მხრივ ნამზადის კონტურისაგან.

ტრადიციულად, ოპერაციული ნახაზისა და ნამზადის კონტურის  
აღწერისათვის გამოიყენება სპეციალური ენები:  $\text{AOD}$ ,  $\text{IGES}$ ,  $\text{DXF}$   
და სხვა. მაგრამ აღნიშნული საშუალებებით ზონების სინთეზი  
წარმოადგენს მეტად შრომატევად და რთულ ამოცანას, მოითხოვს  
დამპროექტებლის მაღალ კვალიფიკაციას, ხოლო მიღებული  
გადაწყვეტილებები დაბალი საიმედობით ხასიათდებიან.

ამ პროცედურების მნიშვნელოვანი გამარტივება შესაძლებელია  
ექსპერტული სისტემის გამოყენებით, რომლის ცოდნის ბაზაში  
შესაძლებელია ტიპური ზონების ანუ საკონსტრუქტორი პრიმიტივების  
აღწერა. ამ შემთხვევაში ზონების სინთეზის ამოცანა დაიყვანება დეტალის  
კონტურის პრიმიტივებით იდენტიფიკაციის ამოცანამდე.

ცოდნის ბაზაში წარმოდგენილმა პრიმიტივებმა უნდა გამოხატონ  
დეტალის შემდეგი ძირითადი თვისებები(ნახ.3):

- 1) კონტურის სტრუქტურა, ანუ ის, თუ რა ტიპის ელემენტარული  
ზედაპირისაგან შედგება დეტალის კონტური;
- 2) ელემენტარული ზედაპირების ურთიერთგანლაგება სივრცეში;  
ცალკეული ზედაპირების სიზუსტე და ხარისხი.



ნახ. 3.

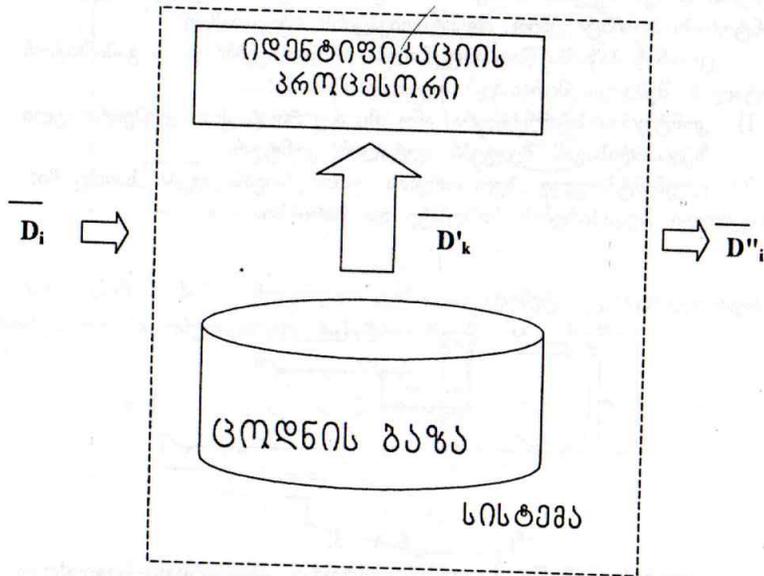
ცოდნის ბაზაში საკონსტრუქტორი პრიმიტივი შეგვიძლია  
აღწეროთ  $D'$  ვექტორის საშუალებით, რომლის კომპონენტებსაც  
წარმოადგენენ ფორმალური პარამეტრებით განსაზღვრული საყრდენი  
წერტილები. ამ ფორმალურმა პარამეტრებმა უნდა უზრუნველყონ ტიპურ  
ზონებში საყრდენი წერტილების ყველა კორდინატის რიცხვითი  
მნიშვნელობების განსაზღვრა, ანუ საკონსტრუქტორი პრიმიტივისათვის

ისეთი  $D''$  ვექტორის მიღება, რომლის კომპონენტებიც საყრდენი წერტილებია, განსაზღვრული პარამეტრის რიცხვით მნიშვნელობებზე.

$$\bar{D}' = \begin{pmatrix} P_1(\Phi_{1-1}, \dots, \Phi_{1-i}) \\ P_2(\Phi_{2-1}, \dots, \Phi_{2-j}) \\ \dots \\ P_n(\Phi_{n-1}, \dots, \Phi_{n-k}) \end{pmatrix} \quad (1)$$

სადაც  $\Phi_{1-1}, \dots, \Phi_{1-i}; \Phi_{2-1}, \dots, \Phi_{2-j}; \dots, \Phi_{n-1}, \dots, \Phi_{n-k}$  ტიპური ზონის ფორმალური პარამეტრებია.

მაშასადამე ექსპერტული სისტემის გამოყენებით, ზონების სინთეზის სქემას ექნება სახე (ნახ. 4):



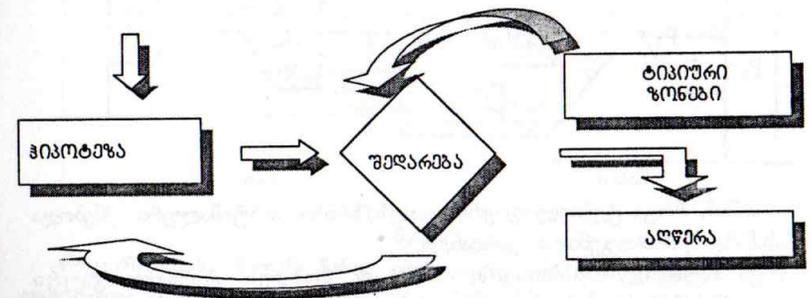
აღნიშნული სინთეზის ამოცანა შეიძლება ჩაიწეროს პროლუქციის სახით

$$\Gamma: \bar{D}_i \Rightarrow \bar{D}_i'' \quad (2)$$

პრაქტიკაში, საკონსტრუქტორო პრიმიტივი შეესაბამება არა მთლიანად დეტალს, არამედ გამოხატავს მისი ცალკეული ფრაგმენტის გეომეტრიულ კანონზომიერებებს. ბუნებრივია, რომ ამ შემთხვევაში აუცილებელია საკონსტრუქტორო პრიმიტივების სიმრავლის არსებობა  $M = \{m_1; m_2; \dots; m_l\}$  და შესაბამისი  $\{d_1'', d_2'', \dots, d_n''\} \in D''$  ვექტორების ფორმირება, მაშინ უნდა განხორციელდეს  $D$  ვექტორის შესაბამისი ცალკეული  $\{d_1, d_2, \dots, d_n\} \in D$  ვექტორების აღწერა მოცემული საკონსტრუქტორო პრიმიტივების საშუალებით. ამდენად, ზონების სინთეზის ექსპერტული სისტემისათვის შეგვიძლია განვსაზღვროთ შემდეგი ფუნქცია: მოცემულია  $D$  ვექტორი და საკონსტრუქტორო პრიმიტივების  $M$  სიმრავლე, ექსპერტული სისტემის მიერ განისაზღვრება  $\{d_1, d_2, \dots, d_l\} \in D$  ვექტორები, კავშირები და  $\{m_1; m_2; \dots; m_l\}$  საკონსტრუქტორო პრიმიტივების შესაბამისი ფორმალური პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობები.

აღნიშნული ამოცანა მათემატიკური თვალსაზრისით შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც გადარჩევის ამოცანა, როდესაც წინასწარ განსაზღვრულია შესაძლო ტიპური გადაწყვეტები ( $N$ ) და სინთეზის ამოცანა მდგომარეობს გარკვეული მოსაზრებით ( $\Omega$ ) ერთ-ერთი ალტერნატიული ვარიანტის ამორჩევაში ( $\alpha$ ).

ამასთან, თავდაპირველად ხორციელდება დეტალის კონტურზე სავარაუდო კონტურის გამოყოფა, ანუ გარკვეული ჰიპოთეზის დაშვება. შემდეგ კი დაშვებული ჰიპოთეზის შემოწმება, ანუ სავარაუდო კონტურის შედარება ყველა შესაძლო ტიპურ ზონასთან (ნახ. 5).



ნახ.5

თუ შედარება დადებითია, მაშინ სავარაუდო კონტურიდან მიიღება ზონის პარამეტრიზებული აღწერა, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი ხორციელდება ახალი ჰიპოთეზის დაშვება, ანუ სავარაუდო კონტურის გამოყოფა.

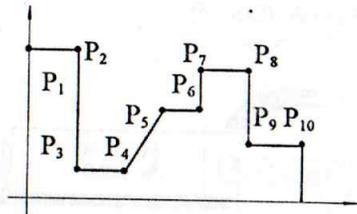
მათემატიკური თვალსაზრისით ეს ამოცანა დაიყვანება გადარჩევის ამოცანამდე და ჩაიწერება შემდეგი კორტეჟის სახით:

$$\alpha = \{\Omega, N\}. \quad (3)$$

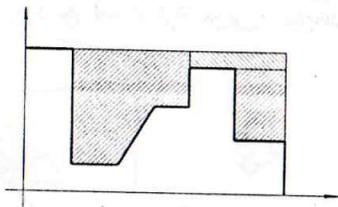
სადაც  $\alpha$  — მიღებული გადაწყვეტილებაა,  $\Omega$  — ამორჩევის კრიტერიუმი, ხოლო  $N$  — შესაძლო ალტერნატიული ვარიანტების სიმრავლეა.

სავარაუდო ზონების ალტერნატიული ვარიანტების და პრიმიტივთა დიდი სიმრავლის გამო, იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ თითოეული სავარაუდო ზონის ალტერნატიული ვარიანტის შედარება სათითაოდ ყველა პრიმიტივთან, აუცილებელია განვახორციელოთ მიზანმიმართული გადარჩევა, როდესაც ამორჩევის კრიტერიუმის გარდა ხორციელდება ძებნის სტრატეგიის განსაზღვრა.

ძებნის სტრატეგიის განსაზღვრისას უნდა დადგინდეს, თუ რა პრინციპით მოხდეს სავარაუდო ზონის გამოყოფა. იმისათვის, რომ თავიდან ავიცილოთ ზედმეტი იტერაციები, უნდა მოხდეს თითო ბიჯზე მაქსიმალური სიდიდის ზონის გამოყოფა, ანუ ვცდილობთ გამოვყოთ სავარაუდო ზონა იმდენი საყრდენი წერტილით, მაქსიმალურად რამდენ საყრდენ წერტილიანი პრიმიტივიც გვაქვს ცოდნის ბაზაში. ასეთი მიდგომით, ნახ.6-ზე მოც. დეტალის კონტურზე ზონების გამოყოფა მოხდებოდა ნახ.7-ზე მოცემული სახით.



ნახ.6



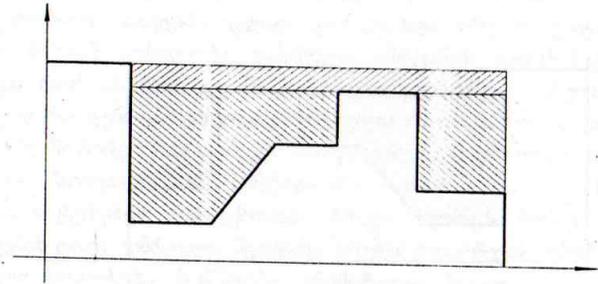
ნახ.7

მაშინ, როცა ტექნოლოგიური თვალსაზრისით ოპტიმალური იქნებოდა ნახ.8-ზე წარმოდგენილი ვარიანტი.

ამრიგად, იმისათვის რომ არ მოხდეს ტექნოლოგიური თვალსაზრისით არარეალური ზონების გამოყოფა, საჭიროა გავითვალისწინოთ ტექნოლოგიურობაც, ანუ კორტეჟი (3) მიიღებს სახეს:

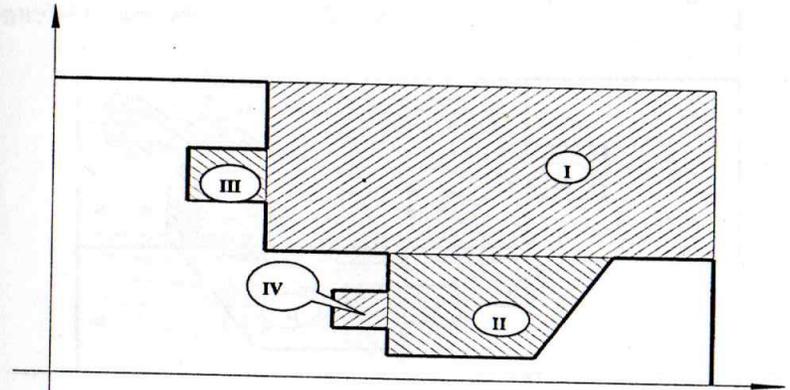
$$\alpha = \{\Omega, N, S\}. \quad (4)$$

სადაც  $S \in \{B, T\}$ ,  $B$  და  $T$  პარამეტრებია.



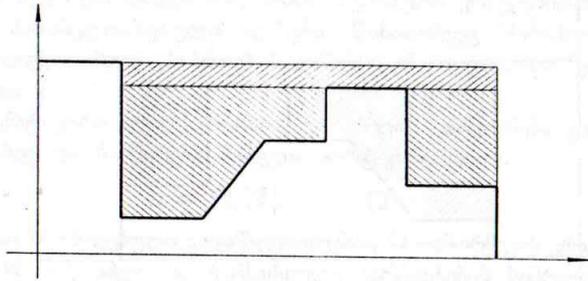
ნახ.8

ამრიგად, მექანიკური დამუშავების ზონების გამოყოფისას, მნიშვნელოვანია დადგინდეს გამოსაყოფი ზონის ტიპი: ნახევრადლია, დახურული თუ ტორცული. პრაქტიკაში ხშირია შემთხვევები, როდესაც დეტალის კონტურზე ხდება ტორცული ტექნოლოგიური ზონის ტიპის გადაფარვა, დახურული ან ნახევრადელია ტექნოლოგიური ზონის ტიპით. თავის მხრივ, დახურული ტექნოლოგიური ზონა შეიძლება გადაიფაროს ნახევრადლია ტექნოლოგიური ზონით.



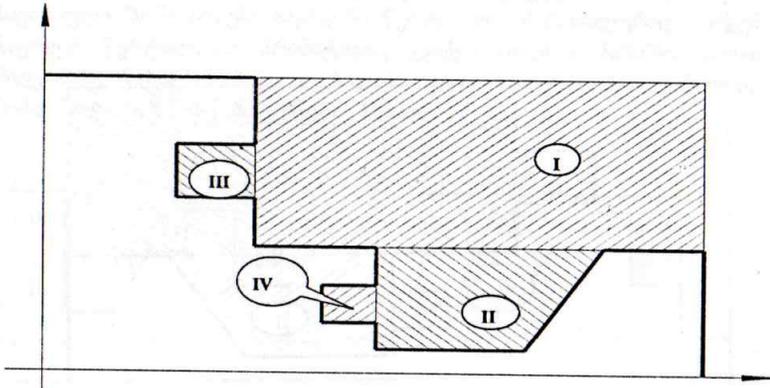
ნახ.9

როგორც ნახ. 9-დან ჩანს, იმისათვის, რომ დამუშავდეს მე-II დახურული ტექნოლოგიური ზონა, უნდა მოხდეს ჯერ I-ელი ნახევრადლია ზონის მოხსნა. ასევე მე-IV ტორცული ზონის დამუშავებისათვის, უნდა მოიხსნას ჯერ I-ელი ნახევრადლია, ხოლო შემდეგ მე-II დახურული ზონა. მე-III ტორცული ზონის დამუშავებისათვის ასევე საჭიროა ჯერ I ნახევრადლია ზონის მოხსნა.



ნახ.8

ამრიგად, მექანიკური დამუშავების ზონების გამოყოფისას, მნიშვნელოვანია დადგინდეს გამოსაყოფი ზონის ტიპი: ნახევრადლია, დახურული თუ ტორცული. პრაქტიკაში ხშირია შემთხვევები, როდესაც დეტალის კონტურზე ხდება ტორცული ტექნოლოგიური ზონის ტიპის გადაფარვა, დახურული ან ნახევრადელია ტექნოლოგიური ზონის ტიპით. თავის მხრივ, დახურული ტექნოლოგიური ზონა შეიძლება გადაიფაროს ნახევრადელია ტექნოლოგიური ზონით.

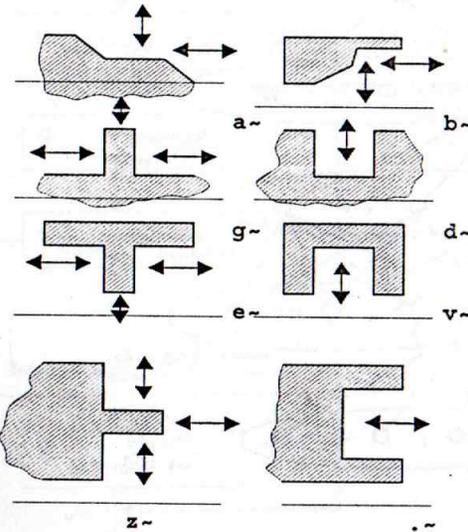


ნახ.9

როგორც ნახ. 9-დან ჩანს, იმისათვის, რომ დამუშავდეს მე-II დახურული ტექნოლოგიური ზონა, უნდა მოხდეს ჯერ I-ელი ნახევრადელია ზონის მოხსნა. ასევე მე-IV ტორცული ზონის დამუშავებისათვის, უნდა მოიხსნას ჯერ I-ელი ნახევრადელია, ხოლო შემდეგ მე-II დახურული ზონა. მე-III ტორცული ზონის დამუშავებისათვის ასევე საჭიროა ჯერ I ნახევრადელია ზონის მოხსნა.

მეთოდის თეორიული კვლევა წარიმართა შემდეგი თანმიმდევრობით, თავდაპირველად გაანალიზდა სრული გადარჩევის მეთოდის მიზანშეწონილობა დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად. გამოირკვა, რომ ამ შემთხვევაში ვიღებდით გადარჩევის იტერაციების ძალიან დიდ რაოდენობას. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ სავარაუდო ზონების ანუ ჰიპოტეზების დაშვება ზორციელდება მინიმალური საყრდენ წერტილიან ზონებიდან (სამ წერტილიანი, ოთხიანი და ა. შ.), რაც ზრდის ჰიპოტეზების რაოდენობას, ხოლო მეორეს მხრივ გვაქვს პრიმიტივების დიდი სიმრავლე. შედეგად, სრული გადარჩევის შემთხვევაში, თითოეული ჰიპოტეზა მოწმდება პრიმიტივთა სრულ სიმრავლეზე, რაც თავის მხრივ ზრდის იტერაციების რაოდენობას.

ამიტომ, გადაწყდა მიზანმიმართული გადარჩევის მეთოდის დამუშავება და შესაბამისი სტრატეგიის პარამეტრების შერჩევა. სტრატეგიის პირველ პარამეტრად შერჩეული იქნა მაქსიმალური სიდიდის სავარაუდო ზონის გამოყოფა, რაც შეამცირებს გადარჩევის იტერაციების რაოდენობას. ამ შემთხვევაში ჰიპოტეზის დაშვება მაქსიმალური სიდიდის სავარაუდო ზონაზე ზორციელდება პრიმიტივის მაქსიმალური წერტილების რაოდენობის მიხედვით. ასეთი სტრატეგიით წარმართული მიზანმიმართული გადარჩევა მნიშვნელოვნად ამცირებს იტერაციების რაოდენობას (ნახ. 7). თუმცა, რიგ შემთხვევაში მიიღება ტექნოლოგიური თვალსაზრისით არარეალური ზონები.



ნახ.10

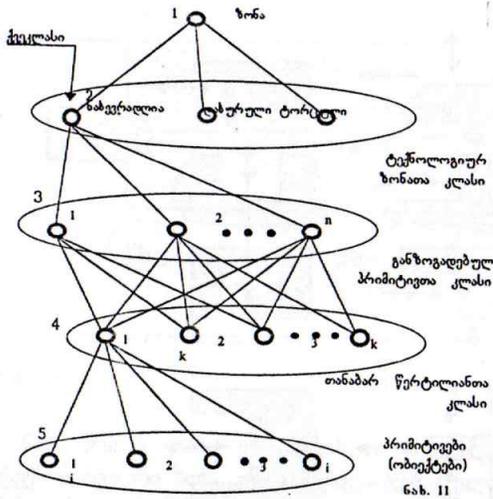
ამიტომ, გადაწყდა მიზანმიმართული გადარჩევის სტრატეგიის მეორე პარამეტრის ტექნოლოგიურობის შემოტანა. ამისათვის, გაანალიზებულ იქნა ბრუნვითი ტანის დეტალებისათვის შესაძლებელ ტექნოლოგიურ ზონათა ტიპები.

მანქანათმშენებლობის ტექნოლოგიაში განსაზღვრულია შემდეგი ძირითადი ტიპები (ნახ. 10): ა) გარე ნახევრადელია ზონა; ბ) შიდა ნახევრადელია ზონა; გ) გარე ღია ზონა; დ) გარე დახურული ზონა; ე) შიდა ღია ზონა; ვ) შიდა დახურული ზონა; ზ) ღია ტორცული ზონა; თ) დახურული ტორცული ზონა.

როგორც ანალიზმა გვიჩვენა თავდაპირველად ზორციელდება ნახევრადელია ზონების დამუშავება, ხოლო შემდეგ დახურული ზონებისა. ამიტომ ძეგნის სტრატეგიის მე-2 პარამეტრისათვის მიღებულ იქნა აღნიშნული მიმდევრობის დაცვა.

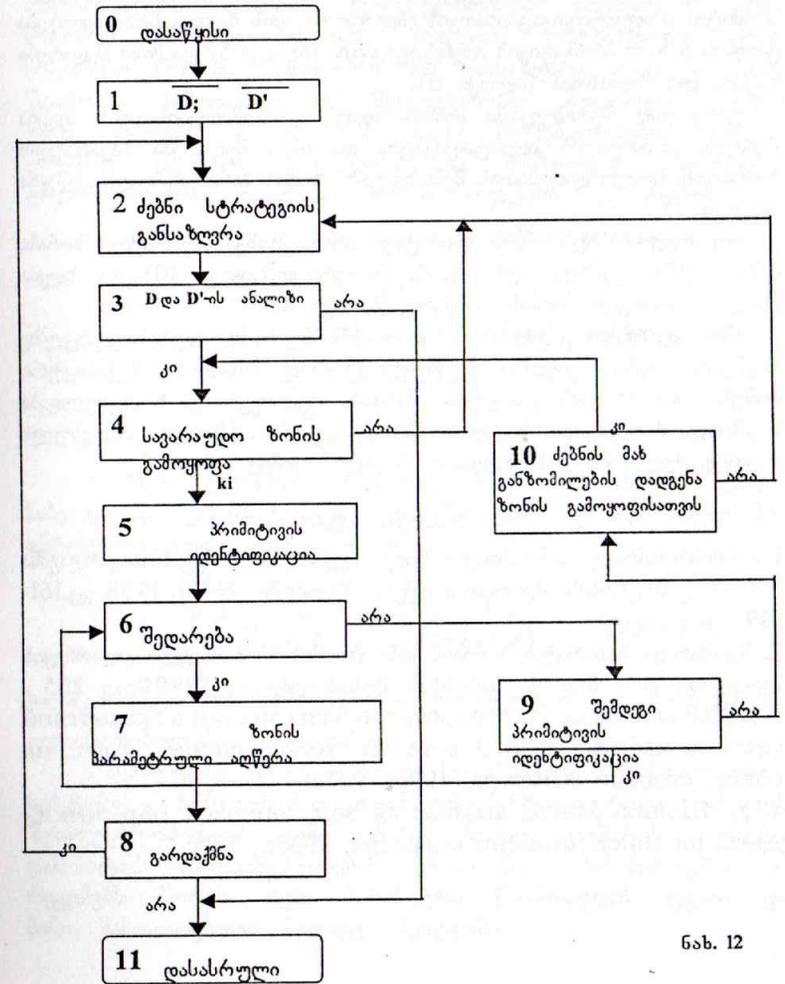
საბოლოო ვჯაში მივიღეთ ორ პარამეტრიანი ძეგნის სტრატეგია, სადაც პირველი პარამეტრი განსაზღვრავს გამოსაყოფი სავარაუდო ზონის მაქსიმალურ სიდიდეს, ხოლო მეორე პარამეტრი კი გამოყოფილი ზონის ტექნოლოგიურობას.

როგორც აღვნიშნეთ, ტიპური ზონები ანუ პრიმიტივები შეიძლება ქმნიდნენ დიდ სიმრავლეს, ამიტომ ცოდნის ბაზის კონცეპტუალური და ფიზიკური მოდელის დამუშავებისათვის განხორციელდა პრიმიტივების კლასიფიკირება (ნახ. 11).



ნახ. 11

კლასიფიკაციის მთავარ კლასს წარმოადგენს ზონა, რომელიც შედგება ტექნოლოგიურ ზონათა კლასში გაერთიანებული სამი ტიპის ქვეკლასისაგან: ნახევრადელია, დახურული და ტორცული. კლასიფიკაციის შემდეგ დონეს წარმოადგენს განზოგადებულ პრიმიტივთა კლასი, რომელიც აერთიანებს თითოეული ტექნოლოგიური ზონათა კლასისათვის განსხვავებულ ქვეკლასებს. კლასიფიკაციის შემდეგ დონეს წარმოადგენს თანაბარ წერტილიანთა კლასი, რომელიც აერთიანებს განზოგადებულ პრიმიტივთა კლასიდან სხვადასხვა პრიმიტივებს საყრდენი წერტილების რაოდენობის მიხედვით. კლასიფიკაციის ბოლო ქვეკლასს წარმოადგენენ კონკრეტული პრიმიტივები. აღნიშნული კლასიფიკაციის საფუძველზე



ნახ. 12

დამუშავდა ცოდნის ბაზის ფიზიკური და კონცეპტუალური მოდელები.

აღნიშნული მეთოდის რეალიზაციისათვის დამუშავდა იდენტიფიკაციის ალგორითმი, რომლის ბლოკ სქემაც მოცემულია ნახ. 12-ზე.

ალგორითმი ფუნქციონირებს შემდეგნაირად:

თავდაპირველად ვადგენთ სავარაუდო ზონის ტიპს ტექნოლოგიურ ზონათა კლასიდან და მაქსიმალური სიდიდის პრიმიტივის მიხედვით ვსაზღვრავთ სავარაუდო ზონის მაქსიმალურ განზომილებას (ბლოკი 2) მდგომარეობის ვექტორის ანალიზის შემდეგ (ბლოკი 3) ხდება სავარაუდო ზონის გამოყოფა და დგინდება ძებნის განზომილება პრიმიტივის იდენტიფიკაციისათვის (ბლოკი 4) ამის შემდეგ ხორციელდება ცოდნის ბაზაში პრიმიტივის იდენტიფიკაცია (ბლოკი 5) და მისი შედარება სავარაუდო ზონასთან (ბლოკი 6).

უარყოფით შემთხვევაში ძებნის იგივე განზომილებისათვის ხდება შემდეგი პრიმიტივის იდენტიფიკაცია და ისევ შედარება სავარაუდო ზონასთან, ხოლო დადებითის შემთხვევაში ზონის პარამეტრული აღწერა (ბლოკი 7).

თუ არცერთი შერჩეული პრიმიტივი არ დაემთხვა სავარაუდო ზონას, მაშინ ძებნის განზომილება მცირდება ერთით(ბლოკი 10) და ხდება ახალი სავარაუდო ზონის გამოყოფა(ბლოკი 4).

ამრიგად, როგორც ვხედავთ, ზემოთ აღნიშნული მეთოდის საფუძველზე სავსებით შესაძლებელია ტექნოლოგიურად მისაღები მექანიკური დამუშავების ზონების გამოყოფა. ამასთან, ყველაფერი ეს ხორციელდება საკმაოდ მარტივად, ნაკლებ შრომატევადია, ხოლო მიღებული გადაწყვეტილებები ხასიათდებიან მაღალი საიმედოობით.

#### ლიტერატურა

1. ა.შარმაზანაშვილი, ა.ამამთავერიშვილი. დეტალის გეომეტრიის გარდაქმნა სახეთა გამოცნობის მეთოდით/სტუ-ს შრომები №417.-1998.-გვ.161-169
2. ზ.კაჭარავა. სახარატო ზონების სინთეზი მიზანმიმართული გადარჩევის მეთოდით.- დის. მაგისტ. ხარისხის მოსაპოვებლად, 1999წ.-გვ 205
3. Д.Хабазашвили. Интерпретатор базы знаний в экспертной системе идентификации деталей "тел-вращения". Дисс. на соиск. степени магистра, 1996г. 247с.
4. Л. Шония. Метод выделения зон черновой обработки.- Дисс. на соиск. степени магистра, 1996г., 170с.