

უაკ 681.3

ხელნაწერი სიმბოლოების ანალიზი სიმძიმის ცენტრის მეთოდის გამოყენებით

ქართველიშვილი იოსებ, თოდუა თეა
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ქ. თბილისი, კოსტავას 77

ანოტაცია

ნაშრომში განხილულია ხელნაწერი სიმბოლოების ანალიზისა და ამოცნობისათვის გამოყენებული სიმძიმის ცენტრის მეთოდი. ამ მეთოდის საშუალებით ხდება სიმძიმის ცენტრისა და ეტალონური წერტილების პოვნა. ეს მახასიათებლები საშუალებას იძლევა განხორციელდეს შედარების პროცედურა ორიგინალი და უცნობი სიმბოლოებისათვის მათი შემდგომი ამოცნობის მიზნით.

საკვანძო სიტყვები: ხელნაწერი სიმბოლოები, სიმძიმის ცენტრის მეთოდი, ეტალონური წერტილები.

ტექსტების ამოცნობა სახეთა ამოცნობის ერთ-ერთ კლასიკურ ამოცანას წარმოადგენს. ტექსტების ამოცნობა, პირობითად სამ ძირითად მიმართულებად იყოფა: ნაბეჭდი ტექსტების, ხელნაბეჭდი და ხელნაწერი ტექსტების ამოცნობა. ამ სამი მიმართულებიდან ყველაზე რთულია ხელნაწერი ტექსტების ამოცნობა. პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ ნებისმიერი სიმბოლოს ან ციფრის მოხაზვის შესაძლო ვარიანტების რაოდენობა პრაქტიკულად უსასრულოა. სწორედ ამის გამო, ხელნაწერი ტექსტის ამოცნობა არა უბრალოდ რთული, არამედ ძალიან რთული ამოცანაა. მიუხედავად იმისა, რომ ხელნაწერი სიმბოლოების ამოცნობა ჯერ კიდევ XX საუკუნის 60-იანი წლებიდან წარმოადგენს კვლევის აქტუალურ სფეროს, დღემდე არსებობს ხელნაწერი სიმბოლოების მრავალფეროვნებასთან დაკავშირებული როგორც თეორიული, ასევე პრაქტიკული სახის პრობლემები.

ხელნაწერი ტექსტის ამოცნობისათვის ცნობილია ორი ძირითადი მიდგომა: ამოცნობა სიმბოლოს შეტანის რეჟიმში (ინტერაქტიული რეჟიმი) და ადრე დაწერილი დოკუმენტების შეტანის რეჟიმი (პასიური რეჟიმი). პირველი მეთოდი გამოიყენება რეალური დროის სისტემებში, რომელსაც განეკუთვნება ხელნაწერი სიმბოლოების სენსორული შეტანის სისტემები ჯიბის პერსონალურ კომპიუტერებში. არსებობს მრავალი ალგორითმი, რომლებიც მოცემულ ამოცანას საკმაოდ ეფექტურად წყვეტენ. სიმბოლოების ამოცნობის სიზუსტე 98%-ს აღწევს, ამასთან მთელ რიგ შემთხვევებში საჭირო არ არის კონკრეტული ხელწერის სწავლება. სისტემები, რომლებიც ხელნაწერი სიმბოლოების ამოცნობის პრობლემას მეორე მეთოდით წყვეტენ, ამოცნობის მაღალი სიზუსტით არ გამოირჩევა, მოითხოვენ კონკრეტულ ხელწერაზე და წერის სტილზე აწყობას. ასეთი მეთოდით ამოცნობისას შესასვლელ მონაცემს წარმოადგენს სკანერით ან სხვა ციფრული მოწყობილობებით მიღებული გამოსახულება. ამ ხერხით მიღებული ხელნაწერი ტექსტის დამუშავებისა და ამოცნობისათვის მრავალი ეფექტური მეთოდი არსებობს. ქვემოთ აღწერილია ხელნაწერი ტექსტების ანალიზისა და ამოცნობისათვის

გამოყენებული სიმბოლის ცენტრის მეთოდი. ამ მეთოდის საშუალებით ხდება სიმბოლის ცენტრისა და ეტალონური წერტილების პოვნა. ეს მახასიათებლები საშუალებას იძლევა განხორციელდეს შედარების პროცედურა ორიგინალი და უცნობი სიმბოლოებისათვის მათი შემდგომი ამოცნობის მიზნით.

სიმბოლოების შედარების პროცესში განხორციელებული ცდების შედეგად წარმოიშობა სტატისტიკური შემთხვევითი მოვლენები, რომლებიც სასურველი ნიშან-თვისების შესაბამისი სხვადასხვა რიცხვითი მნიშვნელობების, ანუ ვარიაციულ ერთობლიობათა რაც შეიძლება დიდი მოცულობის სახით გვევლინება. ეს ერთობლიობები მიიღება ერთი და იმავე სიდიდის მრავალ ცდულთა სახით, რომელშიც ხდომილობების, ე.ი. შემთხვევითი მოვლენების განხორციელების ზომას წარმოადგენს ხდომილობების სიხშირე.

ხშირადობის მნიშვნელობა ყოველი ახალი ცდის შესრულებისას იცვლება, მაგრამ მასობრივად ცდების შესრულებისას შემთხვევითი მოვლენების განხორციელების ხდომილობა მდგრადია ვიწრო საზღვრებში. ამის გამო ის შეიძლება შეიცვალოს ერთი გარკვეული P რიცხვით, რომელიც გამოსახავს ხდომილობის წარმოშობის ალბათობას. როცა ცდების რაოდენობა საკმაოდ დიდია:

$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \tilde{P} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N}; \quad 0 \leq P \leq 1 \quad (1)$$

სადაც P მოცემული ხდომილობის სიხშირეა, N – ცდების რაოდენობა, ხოლო n – განხორციელებული ხდომილობების რაოდენობა.

ხელნაწერი სიმბოლოების მონაცემები კომპიუტერში წარმოდგენილია პიქსელთა A_i დალაგებული ერთობლიობით, მატრიცული სახით და განისაზღვრება ორი შემთხვევითი სიდიდით: X აბსცისით და Y ორდინატით, ამიტომ სიმბოლოს თითოეული წერტილი წარმოადგენს ორი შემთხვევითი სიდიდის დალაგებულ ერთობლიობას, რომელიც ხასიათდება არა მხოლოდ მისი შემადგენელი ცალკეული შემთხვევითი სიდიდეების თვისებებით, არამედ იმ გარკვეული ურთიერთკავშირით, რომელიც შემთხვევით სიდიდეთა შორის არსებობს. ეს დამოკიდებულება სიმბოლოურად აღინიშნება ასე:

$$A \in (X \cap Y) \quad (2)$$

ხელნაწერი სიმბოლოს თითოეული წერტილი შეიძლება წარმოდგენილი იქნას როგორც შემთხვევითი წერტილი სიბრტყეზე, X და Y შემთხვევითი კოორდინატებით.

ყველა შესაძლო კომბინაცია $X = x_i$, $Y = y_j$ წარმოადგენს ხდომილობათა სრულ ჯგუფს

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^s P(x_i \cap y_j) = 1 \quad (3)$$

სადაც $i = \overline{1, k}$; $j = \overline{1, s}$. k და s არის სიმბოლოს კოორდინატების რაოდენობა.

ხელნაწერი სიმბოლოების წერტილების ნაკრები, რომლებიც განსაზღვრულია ორგანოზომილებიანი შემთხვევითი სიდიდეებით, ზოგადად შეიძლება გამოისახოს:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^s P(x_i \cap y_j) = \sum_y P(x_i \cap y_j) = P(x_i) \\ \sum_{i=1}^k P(x_i \cap y_j) = \sum_x P(x_i \cap y_j) = P(y_j) \end{cases} \quad (4)$$

სიმბოლოების წერტილთა ნაკრების პრაქტიკული დახასიათებისათვის და თეორიული გამოკვლევისათვის საჭიროა განისაზღვროს მისი განაწილების ინტეგრალური ფუნქცია $F(x \cap y)$, ალბათობის სიმკვრივე $f(x \cap y)$

$$F(x \cap y) = P(X < x \cap Y < y) \quad (5)$$

$$f(x \cap y) = F'(x \cap y) \quad (6)$$

ალბათობის სიმკვრივე ახასიათებს სიმბოლოს წერტილთა კოორდინატების მნიშვნელობებს მოცემულ წერტილებში. სიმბოლოს $A = (X \cap Y)$ ერტილების S არეში მოხვედრის ალბათობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$P(A(X \cap Y) \subset S) = \iint_S f(x \cap y) dx dy \quad (7)$$

$f(x \cap y)$ ვია ითვლება ნულის ტოლად სიბრტყის იმ ნაწილებისათვის, რომლებშიც A წერტილს მოხვედრა არ შეუძლია და სიბრტყის დანარჩენ ნაწილებში კი ფუნქცია განსაზღვრული სიდიდის ტოლია.

სიმბოლოების ბაზებიდან აღებული თითოეული სიმბოლო განიხილება სიბრტყეზე აღებულ XOY დეკარტის კოორდინატთა სისტემაში. თითოეული სიმბოლო წარმოდგენილია წერტილთა ნაკრების სახით და ხასიათდება $\{x_i\}$ და $\{y_j\}$ შემთხვევით სიდიდეთა ერთობლიობით. სიმბოლოს წერტილთა ნაკრების რიცხოვრივი დახასიათებისათვის ძირითადად საჭიროა: წერტილთა სიმრავლის სიმძიმის ცენტრისა და ამ ცენტრიდან სიმბოლოს შემადგენელ წერტილთა განზნუნვის ხარისხის განსაზღვრა. სიმძიმის ცენტრის საშუალებით ხდება გამოსახულების წერტილების ერთობლიობათა რიცხვითი სიდიდეების შეფასება საშუალოდ, რაც გამოიხატება ამ სიმრავლის ცენტრის, როგორც მისი წარმომადგენლის განსაზღვრაში, რომლის რიცხვითი მნიშვნელობის გარშემო გარკვეული კანონის მიხედვით თავმოყრილი იქნება მოსალოდნელი ან განსახილველ წერტილთა ერთობლიობის რიცხვითი სიდიდეები. სიმძიმის ცენტრი ინვარიანტულია სიმბოლოს გარკვეული გარდაქმნების მიმართ, მაგალითად ბრუნვითი მოძრაობებისადმი.

სიმძიმის ცენტრი კონკრეტული სიდიდეა და საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად შედარდეს ერთმანეთს ხელნაწერი სიმბოლოები.

სიმბოლოს წერტილთა სიმრავლის სიმძიმის ცენტრს წარმოადგენს წერტილი, რომლის კოორდინატებია სიმბოლოების წერტილთა ნაკრების X და Y შემთხვევითი სიდიდეების მათემატიკური ლოდინი. მათემატიკური ლოდინი იქნება

$M(X \cap Y)$ წერტილი, რომლის კოორდინატებია:

$$M(X) = \sum_{i=1}^k x_i P(x_i); \quad M(Y) = \sum_{j=1}^s y_j P(y_j) \quad (8)$$

სიმბოლოების შედარების სიმძიმის ცენტრის მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში თითოეული სიმბოლო დახასიათებულია ორი X და Y შემთხვევითი სიდიდით, რომლის ელემენტებიც წარმოადგენენ გამოსახულების წერტილთა ნაკრებიდან სპეციალური წესით არჩეული წერტილების კოორდინატებს, რომლებიც განიხილება როგორც ეტალონური წერტილები. მათი საშუალებით განისაზღვრება სიმბოლოს სიმძიმის ცენტრიდან სიმრავლის წევრთა განხვევის ხარისხი.

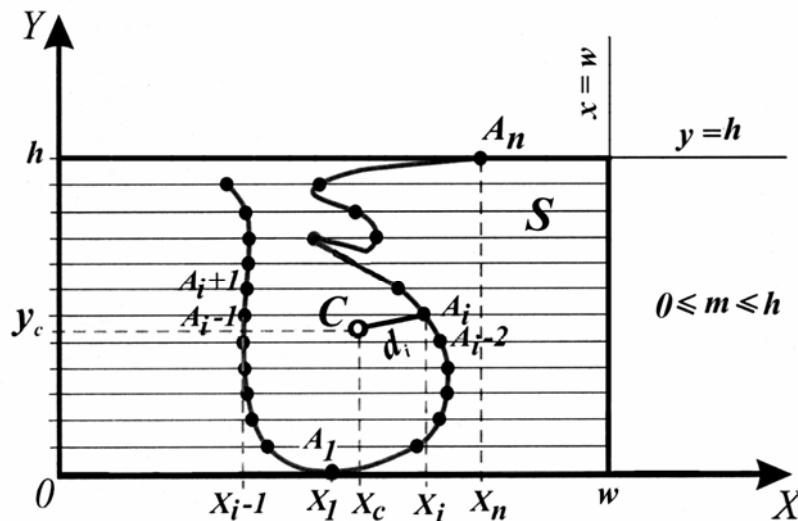
სიმბოლოების ეტალონური წერტილების მოსაძებნად, თითოეული სიმბოლო განიხილება XOY მართკუთხა კოორდინატა სისტემის I მეოთხედის მართკუთხა S არეში, რომელიც შემოსაზღვრულია OX , OY ღერძებით, $x=w$ და $y=h$ წრფეებით, სადაც h და w წარმოადგენს ნორმალიზაციის შედეგად დადგენილ შემოსაზღვრულობის ჩარჩოს სიგრძესა და სიგანეს. სიმბოლოების ბაზიდან აიღება სიმბოლო და თავსდება S არეში ისე, რომ მისი ქვედა კიდურა წერტილი ან წერტილები მოთავსებული იყოს აბსცისთა ღერძზე.

ამ შემთხვევაში, ხელნაწერი სიმბოლოს შემადგენელ წერტილთა ნაკრების განაწილების ინტეგრალურ ფუნქციას ექნება შემდეგი სახე:

$$F(x \cap y) = \int_0^w \int_0^h f(x \cap y) dx dy \quad (9)$$

(9) გამოსახულება ნიშნავს $A(X \cap Y)$ შემთხვევითი წერტილის მოხვედრის არეს x და y კოორდინატთა ღერძების გასწვრივ, S ფართის ფარგლებში. შემდეგ ორდინატთა ღერძზე მოთავსებული მართკუთხედის გვერდი იყოფა j რაოდენობის ინტერვალებად და გაივლება $y=m_j$ წრფეები $x=w$ წრფის გადაკვეთამდე (ინტერვალის სიდიდე ექსპერიმენტების შედეგად დგინდება).

წერტილი, რომლის კოორდინატებია $(x_c; y_c)$, წარმოადგენს გამოსახულების სიმძიმის ცენტრს და აღვნიშნოთ $C(x_c; y_c)$ -ით. (ნახ.1).



ნახ.1. სიმბოლოს ასახვა მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში

წრფეებისა და სიმბოლოს კონტურის გადაკვეთის შედეგად მიიღება სიმბოლოს ეტალონური წერტილები A_i , რომლებიც განიხილება გარკვეული მიმდევრობით. წერტილების მიმდევრობა დამოკიდებულია $y=m_j$ წრფეების მიმდევრობაზე, რომელიც ათვლილია კოორდინატთა სათავიდან:

$$X = \{x_i\}; \quad Y = \{y_i\}; \quad i = \overline{1, n} \quad (10)$$

სადაც n არის სიმბოლოს წერტილთა ნაკრებიდან არჩეული ეტალონური წერტილების რაოდენობა.

ეტალონური წერტილების კოორდინატების, როგორც X და Y შემთხვევითი სიდიდეების n რაოდენობის ემპირიული მნიშვნელობები დალაგებულია სპეციალური თანმიმდევრობით, რომელიც შედარების მეთოდით არის გათვალისწინებული. სიმბოლოს წერტილთა ნაკრების ალბათური საშუალო ანუ მათემატიკური ლოდინი შეიძლება შემდეგნაირად გამოვსახოთ:

$$x_c = \sum_{i=1}^k x_i P(x_i); \quad y_c = \sum_{j=1}^s y_j P(y_j) \quad (11)$$

სადაც $i = \overline{1, k}$; $j = \overline{1, s}$. k და s არის სიმბოლოს ეტალონური წერტილების კოორდინატების რაოდენობა.

სიმძიმის ცენტრისა და ეტალონური წერტილების პოვნა საშუალებას იძლევა განხორციელდეს შედარების პროცედურა ორიგინალი და უცნობი სიმბოლოებისათვის მათი შემდგომი ამოცნობის მიზნით.

ლიტერატურა:

1. ვერულავა ო. ხუროძე რ. ამომცნობი სისტემების თეორიის საფუძვლები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი, 2001წ.
2. ქართველიშვილი ი. ორიგინალი და უცნობი ხელნაწერი სიმბოლოების შედარების კომპიუტერული ანალიზი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომები №4 (432), თბილისი, 2000წ.
3. E. Kavalieratou, N. Fakotakis, G. Kokkinakis. Handwritten Character Recognition Based on Structural Characteristics.
http://www.icsd.aegean.gr/lecturers/kavallieratou/publications_files/ICPR_2002_1.pdf