

**ორგანიზმის პათოლოგიის ადრეული დიაგნოსტიკისადმი  
სისტემური მიდგომა**

ბადრი მეფარიშვილი, გულნარა ჯანელიძე, თამარ მეფარიშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**რეზიუმე**

დასაბუთებულია მაღალი რისკის სისტემურ დაავადებათა ადრეული დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის პროცესში სამედიცინო ექსპერტული სისტემის შექმნისა და დანერგვის აუცილებლობა, კერძოდ ორგანიზმის ზოგადი მონიტორინგული დიაგნოსტიკური სისტემის შემუშავება, რომლის დროსაც ხორციელდება პათოლოგიური სეგმენტის და თვით პათოლოგიის ხარისხის გამოვლენა, აგრეთვე თანმხლები და ფონური დაავადებების დადგენა. პრობლემის გადაწყვეტა მდგომარეობს ორგანიზმის გრაფული მოდელის ელემენტთა კოეფიციენტების იმ მნიშვნელობათა დადგენაში, რომლის შემთხვევაშიც მოდელის გამომავალი ვექტორის მნიშვნელობა პაციენტის რეალური ანამნეზის აღქვატური იქნება. აღნიშნული ამოცანა წარმატებით შეიძლება გადაწყდეს გენეტიკური ალგორითმების გამოყენებით. სისტემური მონიტორინგის წარმოდგენილი კონცეფცია შესაძლოა ახალი პარადიგმის – სისტემური მედიცინის, როგორც ადამიანის ორგანიზმის სისტემური მოდელირების, მრავალპლანური კვლევების და იმიტაციური ექსპერიმენტირების საფუძველი გახდეს.

**საკვანძო სიტყვები:** ექსპერტული სისტემა, სისტემური დაავადება, გენეტიკური ალგორითმი.

**1. შესავალი**

სიცოცხლის უფლება უპირველესია ადამიანის უფლებათა შორის, მაგრამ ამავე დროს მისი დაცვა, შესაბამისად ჯანმრთელობაზე ზრუნვა უპირველესი მოვალეობაა როგორც პერსონალური ისე ზოგადკაცობრიული თვალსაზრისით. მიუხედავად სამეცნიერო-ტექნიკური მიღწევებისა სამედიცინო სფეროში, მაღალი რისკის სისტემური დაავადებანი (სეფსისი, მგლურა და სხვ.) ჯერ კიდევ რჩება მსოფლიო პრობლემად მაღალი ავადობისა და შესაბამისად მაღალი ლეტალობის გამო. სტატისტიკური მონაცემებით სისტემურ დაავადებათა ავადობის გარკვეული ზრდის ტენდენცია აღინიშნება, განსაკუთრებით განვითარებულ ქვეყნებში. სისტემურ დაავადებებთან ბრძოლის პოლიტიკის ერთ-ერთ მთავარ მიმართულებას წარმოადგენს ადრეული დიაგნოსტიკის სისტემის შექმნა. სერიოზულ არგუმენტად შეიძლება მოვიყვანოთ გავრცელებული ფაქტი, რომ კლინიკებში მკურნალი ექიმი ხშირად შეიძლება არ იყოს მაღალკვალიფიციური, არ ფლობდეს სათანადო ცოდნას სისტემურ დაავადებათა თვალსაზრისით ან სრულ ინფორმაციას პაციენტის მდგომარეობის შესახებ, რაც ადრეული დიაგნოსტიკისა და პრევენციულ ღონისძიებათა ჩატარების იგნორირების გამო მნიშვნელოვნად ართულებს პრობლემას [1]. სწორედ სისტემურ დაავადებებთან ბრძოლის ერთიანი პოლიტიკით არის განპირობებული მონიტორინგული ექსპერტული სისტემის შექმნისა და მსოფლიოს მრავალ კლინიკაში ფართო დანერგვის აუცილებლობა. დღეისათვის უკვე მრავლად არის შექმნილი სამედიცინო ორიენტაციის ექსპერტული სისტემების მთელი თაობა (სისტემა MYCIN და სხვა), როგორც მედიკოსთათვის ინფექციური დაავადებების დიაგნოსტიკისა და მკურნალობის პროცესში კომპიუტერული მრჩეველი და ხელოვნური ინტელექტის მქონე მძლავრი ინსტრუმენტი [2].

**2. ძირითადი ნაწილი**

ზოგადად, ადამიანის ორგანიზმი შეიძლება განვიხილოთ როგორც დიდი განზომილების, მრავალპლანური, ურთულესი იერარქიული სტრუქტურის (ნაწილაკები, ატომები, მოლეკულები, მაკრომოლეკულები, უჯრედები, ორგანოები, ქვესისტემები), გარემოსთან მუდმივად ინტერაქტული, დინამური სისტემა, ჰომეორეგული განვითარებითა და მიზანმიმართული ქცევით. ბიოსისტემის

სირთულის დასახასიათებლად, რაც გარკვეულად განპირობებულია სტრუქტურულ ელემენტთა რაოდენობითა და მათ შორის კავშირების დეტერმინირებულობით, გამოიყენება მაქსიმალური და მიმდინარე ენტროპიების ცნება [3]:

$$H_{\max} = \log n \quad (1)$$

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad \text{სადაც:} \quad (2)$$

$n$  არის სისტემის მდგომარეობათა რიცხვი;  $p_i$  –  $i$ -რი მდგომარეობაში ყოფნის ალბათობა;

მეორეს მხრივ, ბიოსისტემის სტრუქტურულ-ფუნქციონალური მოწესრიგებულობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება აბსოლუტური ორგანიზებულობა:

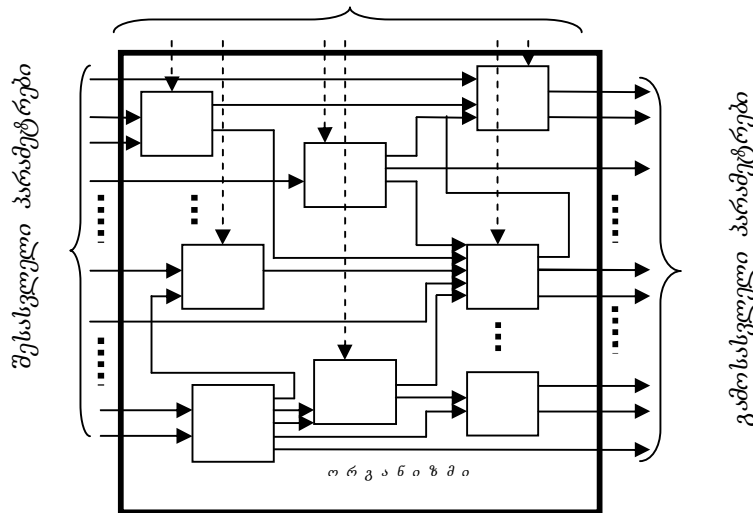
$$O = H_{\max} - H \quad (3)$$

ან ფარდობითი ორგანიზებულობა:

$$R = 1 - \frac{H}{H_{\max}} \quad (4)$$

დეტერმინირებული სისტემის ორგანიზებულობა შეიძლება მიჩნეულ იქნას ჯანმრთელობის მდგომარეობის კრიტერიუმად. სამწუხაროდ, მეცნიერებას ჯერ არ გააჩნია ორგანიზმის სრული, დეტერმინირებული მოდელის აგების ზუსტი მათემატიკური აპარატი, რადგან თვით ორგანიზმიც არ არის ბოლომდე ამომწურავად შესწავლილი [4]. ამდენად, ორგანიზმის სისტემურ ასპექტში განხილვა მიზანშეწონილია მხოლოდ ორგანოებისა და ქვესისტემების დონეზე. გარკვეული გამარტივების თვალსაზრისით, ორგანიზმის მოდელი ზოგადად შეიძლება წარმოვიდგინოთ გრაფის სახით, სადაც მწვერვალებს წარმოადგენენ ე.წ. ფუნქციური ელემენტები (ორგანოები, ორგანოთა ჯგუფები ან ქვესისტემები), რომელთა შორის მატერიალურ-ენერგეტიკულ-ინფორმაციულ კავშირებს ასახავს გრაფის რკალები (ნახ. 1).

გ ა რ ე მ ო ს პ ე რ ტ უ რ ბ ა ც ი ე ბ ი



ნახ. 1

სამწუხაროდ, ხშირად ორგანიზმის შიდა ელემენტთაშორისი კავშირების მდგომარეობის დადგენა რთულ სამედიცინო პრობლემას წარმოადგენს, რის გამოც მედიცინა ძირითადად მაინც ტრანსმიტერული ანალიზით იფარგლება.

ამიტომ, ორგანიზმის კვლევის ერთ-ერთ ეფექტურ პრინციპად სწორედ სისტემური მიდგომა შეიძლება ჩამოყალიბდეს. ზოგადად, ორგანიზმზე გარემოს ზემოქმედება შესასვლელი პარამეტრებისა და პერტურბაციების (საკვებ-საარსებო თუ სხვა სუბსტანციები, ეკოლოგიური და გეოფიზიკური ფაქტორები, ფიზიკური თუ ნერვულ-ფსიქიკური დატვირთვები, ორგანიზმის აქტივობის რეჟიმები და

სხვ.) მეშვეობით აისახება. თავის მხრივ, გარემოს ზემოქმედებაზე ორგანიზმი რეაგირებს მისი ფიზიოლოგიური მდგომარეობის შესაბამისად, რომელიც გამოსასვლელი პარამეტრების მნიშვნელობებით კლინდება.

ვინაიდან ორგანიზმი წარმოადგენს გარემოსთან მუდმივად ინტერაქტულ და დეტერმინირებულად სტრუქტურირებულ ბიოსისტემას, ყოველი ელემენტის თითოეული შესასვლელი ან სხვა ელემენტის გამოსასვლელია ან უშუალოდ გარემოს ზემოქმედების ფაქტორი. ასევე, ცალკეული ელემენტის თითოეული გამოსასვლელი ან სხვა ელემენტის შესასვლელია ან გასასვლელი გარემოში. ამასთან, თითოეული ელემენტი ხასიათდება შესაბამისი გადაცემის ოპერატორ-ფუნქციით (რომელიც განსაზღვრავს ფუნქციურ დამოკიდებულებას მოცემული ელემენტის გამოსასვლელ და შესასვლელ ვექტორებს შორის), აგრეთვე, აღნიშნული ფუნქციის ზღვრული (მინიმალური და მაქსიმალური) მნიშვნელობებით, რაც განაპირობებს მოცემული ელემენტის „ფუნქციონალური რეზერვის“ ზომას.

თავის მხრივ, გარემოს პერტურბაციების ზემოქმედება კონკრეტულ ელემენტზე, ცვლის მათ ოპერატორ-ფუნქციებს, შესაბამისად ვრცელდება ორგანიზმის გრაფული სტრუქტურის მიხედვით, ელემენტების ჯგუფის გავლით. შედეგად იცვლება სისტემის გამოსასვლელი პარამეტრების ვექტორის მნიშვნელობა ანუ თვით მთელი ორგანიზმის მდგრადობა, რაც აისახება ზემოხსენებულ ენტროპიულ შეფასებებში (1)-(4).

ორგანიზმის თვისება აღმოფხვრას გადახრა ნორმალური ფიზიოლოგიური მდგომარეობიდან, აღადგინოს ჰომეოსტაზი, სისტემურად ნიშნავს ელემენტების ფუნქციონირების რეჟიმების შეცვლას, ე.წ. „თვითგადაწყობას“ ანუ მოცემული ელემენტის რეზერვის ფარგლებში ფუნქციის პარამეტრების ოპტიმიზაციას, რომლის კრიტერიუმს ენტროპიის მინიმიზაცია წარმოადგენს.

იმ შემთხვევაში, როცა ჰომეოსტაზის სისტემა ვერ უზრუნველყოფს ორგანიზმის ნორმალური ფიზიოლოგიური მდგომარეობის აღდგენას, მაშინ აუცილებელი ხდება ჰეტეროსტაზი ე.ი. ორგანიზმისადმი გარედან დახმარება, რაც მკურნალობის სახით რეალიზდება.

ნებისმიერი მკურნალობა დიაგნოსტიკით იწყება, როცა ანამნეზის ე.ი. სისტემის გამოსასვლელი მდგომარეობის ვექტორის მიხედვით ადეკვატურად უნდა მოხდეს პათოლოგიის არსისა და ხარისხის, მისი გამომწვევი პერტურბაციებისა და ორგანოების იდენტიფიკაცია. მხოლოდ ამის შემდეგ იქნება მართებული შესაბამისი ორგანოებისა და მთლიანობაში ორგანიზმის მდგრადობის აღდგენის მცდელობა. ხშირად დაავადების სირთულის ან სისტემური განზომილების გამო, არასრული ინფორმაციის პირობებში განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს მაღალი რისკის სისტემურ დაავადებათა ადრეული დიაგნოსტიკის მიზნით პაციენტის მდგომარეობის უწყვეტი მონიტორინგი-მკურნალობის პროცესის ინტელექტუალიზაცია.

ზოგადად დიაგნოსტიკა და მკურნალობა ძირითადად შეიძლება განვიხილოთ როგორც გადაწყვეტილების მიღების პროცესი, სადაც სულ უფრო მკაფიოდ იკვეთება ხელოვნური ინტელექტის მეთოდების გამოყენების აუცილებლობა. კერძოდ, დიაგნოსტიკის ამოცანა მიეკუთვნება სახეთა შეცნობის სფეროს, რომლის დროსაც, მოცემული დაავადების შესახებ ცოდნისა და პაციენტის ანამნეზის საფუძველზე, გარკვეული ადეკვატურობით ავტომატურად ხდება დაავადების იდენტიფიკაცია. ადრეული დიაგნოსტიკის თვალსაზრისით კი, ორგანიზმის ზოგადი (სისტემური) მონიტორინგის დროს ხორციელდება პათოლოგიური სემენტის (ორგანოები, ორგანოთა ჯგუფები ან ქვესისტემები) და თვით პათოლოგიის ხარისხის გამოვლინება, აგრეთვე თანმხლები და ფონური დაავადებების დადგენა. ამ შემთხვევაში ორგანიზმის გრაფული მოდელი წარმოვიდგინოთ როგორც:

$$Y = K f(X, Z), \text{ სადა:} \quad (5)$$

$X, Y$  არის შემავალ  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  და გამომავალ  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$  პარამეტრთა ვექტორები, რომელთა მეშვეობითაც ორგანიზმი ურთიერთქმედებს გარემოსთან;

$Z$  – გარემოს პერტურბაციათა ვექტორი, რომელიც იწვევს მოცემული ელემენტის წონასწორობიდან გადახრას ე.ი. მდგრადობის დარღვევას;

$f$  – წარმოადგენს გარკვეულ ოპერატორ-ფუნქციას, რომელიც შეიძლება აღწერილ იქნას ალგებრული, დიფერენციალური ან ინტეგრალური განტოლებათა სისტემის სახით;

$K$  – ორგანიზმის ფუნქციონირების რეჟიმის ვექტორი  $K = \{k_i\}$ ,  $i=1, \dots, N$ .

სადაც:  $k_i$  – არის  $i$ -ური ელემენტის ფუნქციონირების (ნორმალური, ჰიპერ თუ ჰიპო) რეჟიმის კოეფიციენტი, (რაც არსით ენტროპიულია).

$N$  – ორგანიზმის სტრუქტურული ელემენტების რაოდენობაა.

იდეალურად შეიძლება ჩაითვალოს ორგანიზმის გაწონასწორებული მდგომარეობა  $Y^* = \{y_j^*\}$ ,  $j=1, \dots, m$ , როდესაც ყოველი გამოსასვლელი პარამეტრი ნორმის ფარგლებში იმყოფება ანუ  $\forall k_i = 1$ .

ზემოთ აღნიშნული კოეფიციენტების მყისი მნიშვნელობები ასახავს შესაბამისი ელემენტებისა და მოტიანობაში ორგანიზმის მიმდინარე მდგომარეობას, მის მდგრადობასა თუ პათოლოგიის ხარისხს. ამდენად, ამოცანა მდგომარეობს გრაფული მოდელის ელემენტთა  $k_i$  კოეფიციენტების იმ მნიშვნელობათა დადგენაში, რომლის შემთხვევაშიც მოდელის გამოძავალი ვექტორის მნიშვნელობა პაციენტის რეალური ანამნეზის ადეკვატური იქნება. ეს ამოცანა შეიძლება გადაწყდეს გენეტიკური ალგორითმების გამოყენებით [5,6].

**ბიჯი 1.** ქრომოსომა პოპულაციის გენერაცია, სადაც გენებს ორგანიზმის გრაფული მოდელის ელემენტთა  $\{k_i\}$  კოეფიციენტების შემთხვევითი მნიშვნელობები წარმოადგენენ;

**ბიჯი 2.** თითოეული ქრომოსომისათვის, ცალკეული გენის ე.ი.  $k_i$  ფუნქციონირების კოეფიციენტის მნიშვნელობის გათვალისწინებით, გრაფული მოდელის მიხედვით იანგარიშება მოდელის გამომავალი ვექტორის  $Y = \{y_j\}$ ,  $j=1, \dots, m$  ანუ fitness-ფუნქციის მნიშვნელობა;

**ბიჯი 3.** ქრომოსომა პოპულაციის სორტირება fitness-ფუნქციების მნიშვნელობათა მიხედვით;

**ბიჯი 4.** პოპულაციის საუკეთესო fitness-ფუნქციის ანუ გრაფული მოდელის გამომავალი ვექტორის მოცემული მნიშვნელობის შედარება ორგანიზმის რეალური მდგომარეობის ვექტორთან;

**ბიჯი 5.** სხვაობის  $\Delta = |Y - Y^r| \neq 0$  არსებობის შემთხვევაში ოპერატორების: კროსოვერის, მუტაციისა და ინვერსიის გამოყენებით ხდება პოპულაციის განახლება და გადასვლა ბიჯი 2-ზე.

**ბიჯი 6.** ალგორითმის შესრულება წყდება  $\Delta = 0$  -ის შემთხვევაში.

### 3. დასკვნა

სისტემური მონიტორინგის შედეგები გარკვეულად ასახავს პაციენტის ორგანიზმის ორგანოთა ფუნქციონირების კოეფიციენტების მიმდინარე მნიშვნელობებს, შესაბამისად სხვადასხვა ორგანოების პათოლოგიის ხარისხს, რაც წარმოადგენს უკვე კონკრეტული ორგანოს მიმართ უფრო დეტალური დიაგნოსტიკის საფუძველს, რომლის პათოლოგიაც იქნა გამოვლენილი. ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებულ იქნას სამედიცინო ექსპერტულ სისტემებში გავრცელებული სტატისტიკური, ბაიესის ან ხელოვნური ნეირონული ქსელების თუ სხვა მეთოდები.

### 4. ლიტერატურა

1. Martin. G.S Sepsis state of the Art: from Epidemiology to Therapy. Critical care Medicine, 2006.
2. Forsyth. R. Expert Systems. Polytechnic of North London. 1987.
3. Shannon. C., Weaver W., The Mathematical Theory of Communication. Univ.of Illinois Press, Urbana, 1964.
4. Klir. G.J. Architecture of Systems Problem Solving. Binghamton, New York , 1990.
5. Holland J. Adaption in Natural and Artificial Systems. Univ. of Michigan Press Ann. Arbor, USA. 1975.

6. Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning. Addison Wesley, Reading, Mass. 1989.
7. Naylor, C. Build Your Own Expert System. Sigma Technical Press, Chichester. 1983.
8. Artificial Neural Networks: Concepts and Theory, IEEE Computer Society Press. 1992.

## **SYSTEMS APPROACH TO EARLY DIAGNOSTICS OF THE PATHOLOGY OF ORGANISMS**

Meparishvili Badri, Janelidze Gulnara, Meparishvili Tamara  
Georgian Technical University

### **Summary**

The necessity of construction and introduction of medicinal expert system in early diagnostics and medication of high risk systemic diseases is affirmed in the article. Particularly, general monitoring diagnostic system of an organism is developed when the exposure of pathological segment and the degree of the very pathology, as well as stating of attending and background diseases are realized. The solution of the problem is in stating the values of the coefficients of organism graphic model elements when the value of resultant vector of the model will be adequate to real anamnesis of the patient. The mentioned problem may be successfully solved using genetic algorithms. The presented producing of systemic monitoring may become the basis of a new paradigm - systemic medicine, as human organism systems modeling, varied investigations and imitational experimentations.

## **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ПАТОЛОГИИ ОРГАНИЗМА**

Мепаришвили Б.Д., Джanelидзе Г.Н., Мепаришвили Т.Б.  
Грузинский Технический Университет

### **Резюме**

Рассматривается проблема создания и внедрения медицинской экспертной системы с целью ранней диагностики и лечения системных заболеваний высокого риска, в частности мониторинговой диагностической системы организма для определения патологического сегмента, а также степени самой патологии. Решение этой проблемы заключается в определении значений коэффициентов элементов графовой модели организма, при которых значение выходного вектора модели будет адекватным с реальным анамнезом пациента. Данная проблема может быть с успехом решена с использованием генетических алгоритмов. Представленная концепция системного мониторинга может стать основой новой парадигмы - системной медицины, как область системного моделирования, многоплановых исследований и имитационных экспериментов человеческого организма.