

**Smart Network to Monitor Breast Cancer Patient Based on Network Arrangement and Fuzzy Hierarchy Analysis****Javad Nouri-Pour, Ph.D. Student, Mohammad Ali Pourmina, Assistant Professor, Mohammad Naser Moghaddasi, Professor, Behbod Ghalamkari, Assistant Professor**

Department of Mechanics, Electrical Power and Computer- Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

[javad.nooripoor@srbiau.ac.ir](mailto:javad.nooripoor@srbiau.ac.ir), [pourmina@srbiau.ac.ir](mailto:pourmina@srbiau.ac.ir), [mn.moghaddasi@srbiau.ac.ir](mailto:mn.moghaddasi@srbiau.ac.ir), [ghalamkari@srbiau.ac.ir](mailto:ghalamkari@srbiau.ac.ir)**Abstract**

In this article, a smart network is proposed to monitor a patient with breast cancer. Increasing the speed of the patient monitoring network depends on our observation, thinking and understanding of the patient. Various factors of the network make us more aware of the disease. has it. The cycle of controlling and monitoring the patient includes observation, orientation, decision and action, this cycle is a set of consecutive actions, which changes with the change of network arrangement, orientation, decision and action. In this article, we design the structure of the smart network according to the weight of the nodes, the communication paths in such a way that the cycle of control and monitoring (analysis, decision and action) performs well. We model the control and monitoring cycle with the proposed method of fuzzy hierarchical analysis process (FAHP). This model adjusts the decision-making criteria by recognizing the identification priorities in such a way that the speed of network detection increases with the least time. It is also a suitable tool for modeling the monitoring cycle and the results of the smart network. The simulation results show that this network has the necessary intelligence to assess the patient's condition in adverse conditions, has the power to continuously analyze and evaluate the patient, and also has the power to make timely decisions in different situations. These results show that according to the network arrangement and fuzzy hierarchical analysis, the speed rate of the network has improved by 10% compared to other networks.

**Keywords:** breast tumor, connection weight, fuzzy hierarchical analysis, network capability arrangement, nodes**Received:** 9 December 2022**Revised:** 15 February 2023**Accepted:** 5 April 2023**Corresponding Author:** Dr. Mohammad Ali Pourmina

<https://dorl.net/dor/20.....>

مقاله پژوهشی

## شبکه هوشمند برای نظارت بر بیمار مبتلا به سرطان سینه بر مبنای آرایش شبکه و تحلیل سلسله‌مراتب فازی

جواد نوری پور، دانشجوی دکترا، محمدعلی پورمینا، استادیار، محمد ناصر مقدسی، استاد، بهید قلمکاری، استادیار

دانشکده مهندسی مکانیک، برق و کامپیوتر - واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
javad.nooripoor@srbiau.ac.ir, pourmina@srbiau.ac.ir, mn.moghaddasi@srbiau.ac.ir, ghalamkari@srbiau.ac.ir

**چکیده:** در این مقاله شبکه هوشمند برای نظارت بر بیمار مبتلا به سرطان سینه مطرح شده است. افزایش سرعت شبکه نظارت بر بیمار به نوع مشاهده، تفکر و درک ما از بیمار بستگی دارد. عوامل مختلفی از شبکه باعث شناخت بیشتر بیماری است که این عوامل با توجه به نوع آرایش شبکه، تعداد گره‌ها، قابلیت گره‌ها و جهت لینک‌های ارتباطی بستگی دارد. چرخه کنترل و نظارت بر بیمار شامل مشاهده، جهت‌گیری، تصمیم و عمل است که این چرخه مجموعه‌ای از اعمال متوالی هست که با تغییر آرایش شبکه، جهت‌گیری، تصمیم و عمل تغییر می‌یابد. در این مقاله ساختار شبکه هوشمند با توجه به وزن گره‌های مسیرهای ارتباطی به گونه‌ای طراحی می‌شود که چرخه کنترل و نظارت (تحلیل، تصمیم و عمل) عملکرد خوبی را داشته باشد. چرخه کنترل و نظارت با روش پیشنهادی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) مدل‌سازی می‌شود. این مدل با شناخت اولویت‌های شناسایی، معیارهای تصمیم‌گیری را به گونه‌ای تنظیم می‌کند که با کمترین زمان، سرعت تشخیص شبکه افزایش یابد و همچنین ابزاری مناسب برای مدل‌سازی چرخه نظارت و نتایج حاصل از شبکه هوشمند است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این شبکه از هوشمندی لازم برای ارزیابی وضعیت بیمار در شرایط نامطلوب، قدرت تحلیل و ارزیابی مداوم بیمار را دارد و همچنین قدرت تصمیم‌گیری به موقع در وضعیت‌های مختلف را دارد. این نتایج نشان می‌دهد که با توجه به آرایش شبکه و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی نرخ سرعت شبکه نسبت به دیگر شبکه‌ها به میزان ۱۰ درصد بهبود یافته است.

**کلمات کلیدی:** آرایش توانمندی شبکه، تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، تومور سینه، گره‌ها، وزن ارتباطی

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۱/۹/۱۸

تاریخ بازنگری مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱/۱۶

نام نویسنده‌ی مسئول: دکتر محمدعلی پورمینا

نشانی نویسنده‌ی مسئول: تهران - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات - دانشکده مکانیک، برق و کامپیوتر

## ۱- مقدمه

به منظور نظارت بر وضعیت بیمار نیاز به شبکه‌ای هست که تمام علائم بیمار مورد ارزیابی قرار گیرد، از آنجایی که علائم بیمار ناشی از عدم کارکرد نامناسب سایر بافت‌ها هست. لذا ایجاد یک شبکه که توانسته است کارکرد بافت‌های مختلف و وابستگی آن‌ها را مورد ارزیابی قرار دهد لازم و ضروری است. برای این منظور در مقاله‌های مختلف به‌طور گسترده به‌وسیله یک حسگر بر بافت آسیب‌دیده نظارت می‌کنند تا در طول زمان وضعیت بافت را مورد ارزیابی قرار دهند، ولی به علت نبود حسگری که توانسته است سایر گره‌ها را مورد ارزیابی قرار دهد نظارت دقیق با مشکلاتی مواجه است [۴-۱].

شبکه حسگر بدنی بی‌سیم، شامل یکسری حسگرها ناهمگون هستند. حسگرهای این شبکه بر روی نواحی مختلف بدن جای-گذاری شده و این حسگرها می‌توانند بر روی بدن فرد پوشیده و یا کاشته شوند. هر کدام از این حسگرها الزامات خاصی برای شناسایی و ثبت علائم دارند. به‌طور کلی یک شبکه حسگر قابلیت اندازه‌گیری، حس و نمونه‌برداری علائم حیاتی فرد را دارد، ضمناً می‌تواند احساسات و یا وضعیت انسان را تشخیص دهد [۵].

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه وظایف شبکه‌های حسگر بدنی می‌توان اذعان داشت که گره‌های حسگر بدنی وظیفه پایش پارامترهای مهم بدن را بر عهده دارند که پارامترهای حیاتی گویای وضعیت ناخوشی و بیماری فرد هستند. شبکه‌های حسگر بدن در پویش‌های مراقبتی می‌توانند دارای دو دسته حسگر متمایز باشند که عبارتند از: الف) حسگرهای فیزیولوژیکی که برای اندازه‌گیری علائم حیاتی بدن (واقع در داخل یا خارج بدن) مانند دمای بدن، فشارخون، الکتروکاردیوگرام استفاده می‌شوند. ب) حسگرهای مکانیکی که توانایی جمع‌آوری حالت‌های مختلف بدن و حرکات بدن فرد را دارند و کارکرد حسگرهای مزبور مبتنی بر سیگنال دریافتی از شتاب سنج‌ها است [۶].

آنچه باعث توانمندی شبکه هوشمند نظارت می‌شود [۷]، برتری تصمیم‌گیری و اطلاعاتی متخصص هست. برتری تصمیم‌گیری یک برتری رقابتی در حوزه تشخیص و درمان است. برتری اطلاعاتی موجب می‌شود که متخصصان در هنگام برخورد با نوع بیماری تصمیمات بهتر و اجرای سریع‌تر آن‌ها نماید.

همکاری بین حسگرها [۸] در یک شبکه، یعنی به اشتراک‌گذاری فعال داده‌ها، اطلاعات، دانش، درک‌ها (مانند آگاهی از حقایق یا عوامل و فهم موقعیت‌ها) یا مفاهیم در هنگام کار گروهی گره‌ها برای دستیابی کارآمد به یک هدف مشترک است. همکاری ابعاد گوناگونی دارد، این ابعاد شامل محیط، زمان لازم، پیوستگی، گسترش، پرباری، حوزه، ساختار و نقش اعضا می‌شوند. این مفهوم چند بعدی باید تجزیه شود و تغییرات ابعاد مهم کنترل گردد تا پژوهشگران، کیفیت و تأثیر هر یک را مشاهده و اندازه‌گیری نمایند [۹، ۱۰].

یکی از کاربردهای شبکه نظارت بر بیمار، شبکه نظارت بر بیماری قلب است. این شبکه در بستر بی‌سیم و اینترنت اشیا (IOT)، برای نظارت بر بیماری طراحی شده بود. ساختار شبکه به‌صورت شبکه عصبی مصنوعی ارائه شده بود و علائم بیماری قلبی (از جمله ضربان قلب) را کنترل می‌کنند. با استفاده از شبکه نظارتی داده‌های بیمار را جمع‌آوری می‌کند و سپس به تحلیل زمان عملکرد بطن و دهلیز پرداخته می‌شود [۱۱]. هوشمندی شبکه، به‌وسیله تبادل داده بین حسگرها حائز اهمیت هست [۱۰]، در صورتی که بافت آسیب دیده، در شبکه وجود داشته باشد، شبکه با کمترین افت تبادل اطلاعات روبه‌رو می‌شود.

برای این که شبکه هوشمند باشد نیاز است گره‌ها همکاری لازم را با هم داشته باشند، این همکاری و هماهنگی گره‌ها باعث می‌شود که در کمترین زمان، اطلاعات لازم در اختیار یک متخصص قرار گیرد. در واقع همکاری و هماهنگی گره‌ها با هدف دستیابی به آگاهی مشترک، سرعت تشخیص بیماری، اجرای سریع‌تر حلقه کنترل و نظارت صورت می‌گیرد.

به‌طور کلی ساختار شبکه نظارت بر وضعیت بیمار را می‌توان به‌صورت ترکیبی از سه گره در نظر گرفت که عبارتند از: الف- گره اطلاعات: زیرساخت فیزیکی که امکان ارتباط، پردازش، ذخیره‌سازی جریان و حفاظت اطلاعات را فراهم می‌کند. ب- گره حسگرها [۱۱]: مجموعه حسگرها که اطلاعات یا داده‌های لازم برای آگاهی از وضعیت بیمار را به‌طور اطلاعات وارد می‌کنند. ج- گره نظارت بر بیمار: تشخیص و اجرای نظر متخصص بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از گره اطلاعات در اینجا انجام می‌شود [۹، ۱۲].

در مقاله‌های مختلفی [۹،۱۲،۱۳] به بررسی و معرفی شبکه نظارت پرداخته شده است. نقاط ضعف این مقاله‌ها به این صورت است که برای مراحل تحلیل، تصمیم و اقدام نتوانسته‌اند مدل مناسب را ارائه دهند و صرفاً به معرفی آن‌ها پرداخته شده است. که مراحل تحلیل، تصمیم و اقدام را با ضریب مناسبی به نرخ مشاهده شبکه بیان شده است. در این مقاله برای مراحل تحلیل، تصمیم و اقدام بر مبنای منطق فازی مدل مناسبی ایجاد شده و بعد از آن برای ارزیابی مدل از تابع هزینه گرادیان نزولی استفاده شده است. از نوآوری‌های اساسی این پژوهش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف- مدل‌سازی برای مراحل تحلیل، تصمیم و اقدام بر مبنای منطق فازی

ب- بررسی تأثیر بافت‌های سالم بر بافت تومور در شبکه نظارت بر بیمار

ج- استفاده از یک شبکه قابل آموزش برای اندازه‌گیری این تأثیرات بافت‌های سالم بر بافت تومور

د- استفاده از گره‌های ارزیاب در این شبکه، به منظور ارزیابی شبکه نظارت بر بیمار

ساختار مقاله در ادامه به این شرح است: در قسمت اول شبکه هوشمند و نظارت معرفی می‌گردد، در قسمت دوم حلقه کنترل و نظارت مطرح شده است، و در قسمت سوم ارزیابی سیگنال برگشتی از گره تومور بیان شده است. بخش چهارم به نتایج شبیه‌سازی و ارزیابی چرخه نظارت و کنترل وضعیت بیمار اشاره می‌شود و در قسمت آخر نتیجه‌گیری بیان شده است.

## ۲- شبکه هوشمند نظارت

در شبکه هوشمند نظارت نحوه مشاهده، تفکر و تصمیم‌گیری یک متخصص به منظور نظارت بر بیمار باعث می‌شود که یک قضاوت درست انجام گیرد، این قضاوت بستگی به نوع مشاهده و نحوه تفکر متخصص دارد. به همین منظور یک چرخه کنترل و نظارت بر بیمار معرفی می‌گردد که شامل مشاهده، جهت‌گیری، تصمیم و عمل است، این فرآیند یک فرآیند چرخشی با بازخورد ثابت و بازخورد هدایت و کنترل دقیق است که به ما کمک می‌کند تا با یک فرآیند دائماً در حال تحول و تغییر را که نتایج مختلفی ظاهر می‌شود به صورت طبیعی انتخاب کنیم. هر اقدامی که نتیجه مطلوب را در کمترین زمان و سریع‌ترین و موثرترین حالت ممکن بتواند به دست بیاید. برای ارزیابی مشخصات شبکه دو فرضیه به صورت زیر پیشنهاد شده است.

- گام مشخصات: تغییر اطلاعات متناسب با آرایش شبکه‌ای است، میزان اطلاعات در گام مشخصات به وسیله توپولوژی شبکه و فناوری ارتباطات و اطلاعات مشخص شود.

- گام مشخصات تحلیل و تصمیم‌گیری: برای هر ساختار کنترل و نظارت، گام مشخصات تصمیم‌گیری را فراوانی یک تصمیم‌گیری می‌گویند.

### ۲-۱- معیار وزن‌دهی به مسیرهای ارتباطی

شبکه پیشنهادی در مرجع [۱۳] دارای چهار گره هست. ارتباط سه گره رگ‌های خونی هست، گره چهارم به صورت ارتباط بی-سیم با گره ۳ در ارتباط است. در اینجا برای وزن‌دهی به مسیرهای ارتباطی بین گره‌ها از تئوری آنتروپی شانون استفاده می‌شود. معیارهایی که وزن مسیر ارتباطی را بر اساس تئوری شانون تعیین می‌کند عبارتند از: مسیر یک جهت، مسیرها دو جهت، جرم خون، فشارخون و حجم خون. امتیاز هر مسیر ارتباطی از مقادیر مختلفی تشکیل شده که عبارتند از: حجم، جرم و فشارخون [۱۴]. برای محاسبه وزن هر یک از مسیرها از سه گام زیر استفاده می‌شود [۱۵]:

- گام اول: نرمال کردن ماتریس تصمیم -  $x_{ij}$  داده‌ها مربوط به مسیر بین گره  $i$  به گره  $j$  را با توجه به مقدارهای؛ جرم، فشار و حجم خون را نرمال می‌کنیم.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}} \quad (1)$$

- گام دوم: محاسبه آنتروپی -  $e_j$  با توجه به معادله تئوری آنتروپی شانون تعیین می‌شود.

$$e_j = - \left( \frac{1}{\ln(m)} \right) \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad j=1, \dots, n \quad (2)$$

- گام سوم: بردار وزنی از رابطه (۳) محاسبه می شود.

$$w_i = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (3)$$

### ۲-۲- امتیاز توانمندی گره

فرمول کلی توانمندی گره با توجه به قدرت پردازش اطلاعات ورودی (اکسیژن، پروتئین و سایر مواد غنی [۴،۱۶]) و توانایی به منظور تأمین نیاز در گره‌های دیگر طراحی شده و در معادله (۴) به خوبی این موضوع نشان داده شده است [۱۳].

$$K_{\mu}(t) = \sum_{\mu=1}^{N_T} v_{\mu}(t) M_{\mu}(t) p_{\mu}(t) \quad (4)$$

که در آن  $M_{ij}$  نرخ جرم خون،  $v_p$  نرخ حجم خون و  $p_p$  فشار خون هست که از ضرب این سه مورد توانایی لازم در گره به منظور پردازش اطلاعات ورودی و برون‌دهی گره را فراهم می کند [۹].

### ۲-۳- مدل پیشنهادی و امتیاز توانمندی

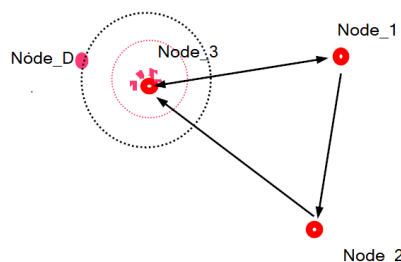
در اینجا یک شبکه شامل ۴ گره طراحی شده که در آن گره یک و دو از طریق مسیر ارتباطی به گره سوم در ارتباط است. گره سوم تومور سینه هست که با افزایش تکثیر سلول و رگ‌زایی باعث می‌شود، از گره یک و دو مقادیر زیادی خون دریافت کند. این شبکه به وسیله گره چهار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. گره چهار با تابش سیگنال به گره سوم و دریافت سیگنال از آن متوجه تغییرات عملکرد گره یک، دو و سوم می‌گردد. قابلیت گره‌ها  $k_i$  شامل گره‌های ۱، ۲، ۳ و ...  $n$  هست را نشان می‌دهد و مسیرهای ارتباطی مسیر بین گره  $i$  به گره  $j$  را با توجه به مقدارهای؛ جرم، فشار و حجم خون را نرمال می‌کنیم. وزن مسیرها  $w_{ij}$  که در آن شماره مسیر  $i$  و  $j$  برابر ۱، ۲ و ...  $n$  هست. در شکل (۱) به خوبی شبکه ترسیم شده است. به منظور استخراج توانمندی کلی شبکه در اینجا بعد از محاسبه قابلیت گره‌ها به بررسی وزن گره‌ها پرداخته شده است. معادله کلی که توانمندی شبکه را از آن استخراج می‌شود به صورت رابطه (۵) بیان می‌شود [۱۲].

$$C_M(t) = \sum_{\mu=1}^{N_T} K_{\mu}(t) \sum_{v=1}^{N_{\mu}} L^{\mu v}(t) \sum_{\gamma=1}^{N_{\mu v}} \frac{P_{\gamma}^{\mu v}(t) w_i(t)}{(d_{\gamma})^{\xi}} \quad (3)$$

که در آن  $P$  قابلیت تغییر فشار در مسیر  $\gamma$  بین گره‌ها  $\mu$  و  $v$  است،  $N_T$  تعداد کل گره‌های شبکه،  $N_T$  تعداد مسیرهای شبکه،  $N$  تعداد کل مسیرهای ممکن بین گره‌ها  $\mu$  و  $v$  است،  $d$  قابلیت تغییر پارامترهای مسیر بین دو گره،  $L$  پارامترهای میسر بین دو گره هست. معادله (۶) فرض می‌شود که تمام مسیرهای ارتباطی بین گره‌ها برقرار باشد پس  $C_M$  وضعیت کامل شبکه را نشان داده شده را تعیین می‌کند [۱۲].

$$C_M^R(t) = N_T(N_T - 1) \left[ 1 + \frac{(N_T - 2)}{2} + \frac{(N_T - 2)(N_T - 3)}{2} \dots \frac{(N_T - 2)(N_T - 3) \dots 1}{N_T - 1} \right] \quad (4)$$

درجه اعتبار شبکه اهمیت پارامترها معین است که به وسیله تقسیم مقدار اتصال عمومی بر مقدار اتصال مرجع تعیین می‌شود [۱۲].



شکل (۱): مدل پیشنهادی اولیه  
Figure (1): The initial proposed model

$$I_R = \frac{C_M}{C_M^R} \quad (5)$$

که در آن مقدار  $I_R$  درجه بالایی از اطلاعات را درون شبکه نشان می‌دهد. میزان تأخیر  $I_R$  به معنی این است که قابلیت پردازش اطلاعات به سبب شرایط بیمار تغییر می‌کند [۱۳، ۱۴].

#### ۴-۲- غنای شبکه

غنای شبکه<sup>۱</sup> به معنی این است که میزان اطلاعات  $\lambda_\mu$  که هر گره  $\mu$  پردازش می‌کند. کمترین نرخ اطلاعات که در شبکه در جریان است اگر از  $\lambda_\mu$  هر گره کمتر باشد، یک تابع دانش متناسب با آن سطح از اطلاعات را تولید می‌کند. از تئوری آنتروپی اطلاعات شانون، تابع دانش مانند معادله (۸) تعیین می‌شود [۱۳]:

$$Q(\lambda_\mu) = \begin{cases} \ln\left(\frac{\lambda_\mu}{\lambda_\mu^{\min}}\right), & \text{if } \lambda_\mu^{\min} < \lambda_\mu < e.\lambda_\mu^{\min} \\ 0, & \text{if } \lambda_\mu < \lambda_\mu^{\min} \\ \ln\left(\frac{e.\lambda_\mu^{\min}}{\lambda_\mu^{\min}}\right) = 1, & \text{if } \lambda_\mu \geq e.\lambda_\mu^{\min} \end{cases} \quad (6)$$

تابع دانش غنای شبکه، متوسط دانشی است که در شبکه تولید و به اشتراک گذاشته می‌شود [۱۳].

$$R_Q = \frac{\sum_{\mu}^{N_T} \lambda_\mu Q(\lambda_\mu)}{N_T} \quad (7)$$

معادله (۹) به این اشاره می‌کند که اگر یک گره جدیدی به شبکه اضافه شود قابلیت دانش یکسان را به شبکه اضافه می‌کند، به ازاء هر نود  $\mu$  سطح دانش متناسب با  $\lambda_\mu$  ایجاد می‌شود، پس میانگین دانش ایجاد شده برای تمام نودها در یک شبکه را با  $R_Q$  نشان می‌دهند [۹].

#### ۳- حلقه نظارت و کنترل بر بیمار

چرخه کنترل و نظارت بر بیمار باید با تمرکز بر پیچیدگی‌ها، غیرقابل تخمین، عدم قطعیت‌ها و غیرخطی بودن آن بیان شده است. حلقه کنترل و نظارت<sup>۲</sup> به دلیل اینکه یک حلقه تکرار است، فرآیند تصمیم‌گیری را به‌طور مداوم مورد بازبینی و تکرار قرار می‌دهد، این باعث می‌شود در هر بار تکرار حلقه علائم بیناری را مورد تحلیل و سنجش قرار داده شود (این عمل یا عکس‌العمل ما برای درک وضعیت بیمار یک مسئله مهم و حیاتی است). در جهان واقعی، هر شبکه ماکزیمم نرخ تغییر اطلاعاتی را دارد. این نرخ به‌وسیله تعداد گره‌هایی، شرط اتصال، تجهیزات اطلاعات، توپولوژی شبکه تعیین می‌شوند. گام مشخصات برای شبکه با توجه به وضعیت معادله (۱۰) مشخص می‌شود و آن مساوی است با حاصل ضرب میزان اعتبار شبکه  $I_R$  در غنای شبکه  $R_Q$  [۱۲]:

$$\lambda_T = I_R R_Q \quad (8)$$

تا زمانی که  $I_R$  مرتبه‌ای از اطلاعات است،  $R_Q$  تسهیم و تولید نرخ متوسط دانش را نشان می‌دهد که معادله (۱۰) قابلیت تغییر اطلاعات در شبکه را به ما نشان می‌دهد [۱۳].

#### ۱-۳- گام تصمیم‌گیری

یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره در قالب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی<sup>۳</sup> (FAHP) برای انتخاب مناسب‌ترین تصمیم برای نظارت بر وضعیت بیمار پیاده‌سازی شده است [۱۷]. برای این منظور ابتدا معیارهای ارزیابی وضعیت بیمار بر اساس ویژگی‌های تومور سرطانی که شامل جرم، حجم، فشارخون، غلظت مولی<sup>۴</sup>، غنای شبکه و امتیاز قابلیت شبکه مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. این منظور دو نوع تصمیم برای بیمار اتخاذ می‌شود که شامل دو دسته خوش‌خیم و بدخیم می‌شود. اولویت-

بندی بر اساس ویژگی‌های بافت تومور و وضعیت سایر گره‌ها به واقعیت نزدیک‌تر است. برای بهبود الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی فازی مرحله ۸ به الگوریتم FAHP مطرح شده در جدول (۱) اضافه می‌شود که این کار باعث بهبود الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی فازی شده است [۱۸].

- هدف خود را با استفاده از معیارها و جایگزین‌ها به یک ساختار سلسله مراتبی تبدیل کنید.

- برای تصمیم‌گیری از ماتریس مقایسه زوجی استفاده کنید.

- وزن نسبی عناصر تصمیم را بر اساس نظریه آنتروپی شانون به دست آورید.

در جدول (۱) الگوریتم فازی [۱۹] موجود در مقاله‌های مختلف [۱۷، ۱۸، ۲۰] را بهبود می‌دهیم و روال بهبودی آن این است که مرحله ۸ از الگوریتم بر اساس نظریه شانون<sup>۵</sup> میزان دانشی که هر وزن می‌تواند به خود اختصاص دهد را تعیین می‌کنیم. این باعث می‌شود دانش ایجاد شده در مدل‌سازی عملکرد بهتری را ایجاد کند. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، زمانی که اولویت‌ها عدم قطعیت و عدم دقت را نشان می‌دهند، اعداد فازی مثلثی برای حل مسائل تصمیم‌گیری در روش فازی [۲۳] ادغام شده‌اند. شکل (۲) فرآیند تحلیل سلسله مراتب فازی را نشان می‌دهد، این اهداف در سطح بالا (اول)، معیارها در سطح دوم و جایگزین‌ها در سطح سوم قرار دارند.

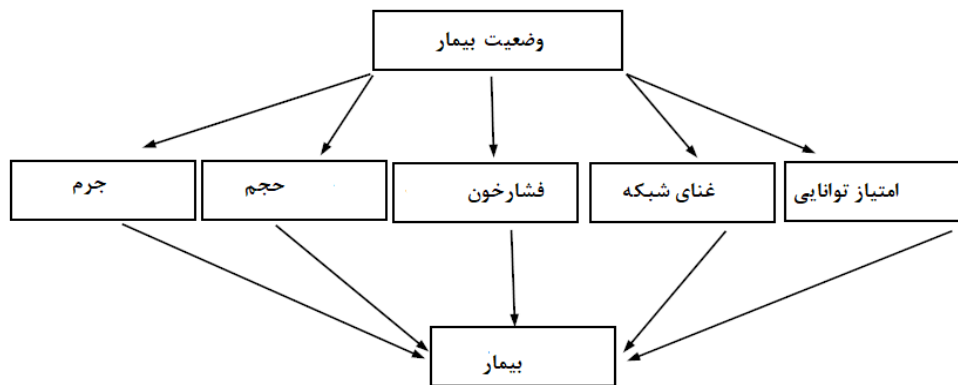
### ۲-۳- نرخ ناسازگاری ماتریس زوجی

یک ماتریس ممکن است سازگار یا ناسازگار باشد. در ماتریس سازگار، وزن‌ها به راحتی قابل محاسبه هستند و با نرمال کردن هر ستون به دست می‌آیند. محاسبه میزان ناهماهنگی از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا نشان می‌دهد که تا چه حد باید به اولویت‌های حاصل از مقایسه‌ها اعتماد کرد.

Table (1): Improved fuzzy AHP algorithm [12,13,20-22]

جدول (۱): الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی فازی بهبود یافته [۲۲-۲۰، ۱۳، ۱۲]

مرحله	عملیات
۱	نمودار سلسله مراتبی رسم کنید
۲	تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی
۳	تشکیل ماتریس زوج $A^{-}$ و با استفاده از اعداد فازی $\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & \tilde{a}_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{m,1} & \dots & 1 \end{bmatrix}$
۴	محاسبه $S_i$ برای هر خط مقایسه زوجی $S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}; \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left( \sum_{j=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{j=1}^m u_j \right)$
۵	محاسبه قدر $S_i$ نسبت به یکدیگر $V(m \geq m_1, m_2, \dots, m_k) = \min V(m \geq m_i)$
۶	محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس مقایسه زوجی $d'(A) = \min V(S_i \geq S_k) \quad k=1, \dots, n \quad k \neq i$ بردار غیرعادی به صورت زیر خواهد بود: $w' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$
۷	محاسبه بردار وزن نهایی $w = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$
۸	مقدار کمترین دانشی است که می‌توان با توجه به مشخصات استخراج کرد. وزن ایدال را طبق مرحله (۷) بهبود می‌دهیم. $W^d = w \ln \left( \frac{e}{\lambda_\mu} \right)$



شکل (۲): فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی  
Figure (2): Fuzzy hierarchical analysis process

Table (2): Range of fuzzy numbers [17,18]

جدول (۲): محدوده اعداد فازی [۱۷،۱۸]

گره	تابع	تابع فازی
جرم	عضویت مثلثی	$\mu_m(x) = \max(\min(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}, 0))$
حجم	گوسی	$\mu_c(x) = \exp(-(x-c)^2 / 2\sigma^2)$
فشارخون	تبدیل دوزنقه‌ای	$\mu_p(x) = \max(\min(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}, 0))$
غناى شبکه	سیگموئید دوگانه	$\mu_N(x) = 1 / (1 + \exp(-a(x-c)))$

به‌طور کلی می‌توان گفت که میزان ناهماهنگی قابل قبول یک ماتریس یا سیستم به تصمیم گیرنده بستگی دارد، اما آقای ساعتی مقدار ۰/۱ را به‌عنوان حد قابل قبول ارائه می‌دهد و معتقد است که اگر میزان ناهماهنگی بیشتر از مقدار ۰/۱ باشد، بهتر است تجدیدنظر شود [۲۰]. کارشناسان و تصمیم‌گیران در قضاوت‌های خود به‌جای عدد ثابت، محدوده‌ای را ارائه می‌دهند. جدول (۲) تابع عضویت فازی را برای هر ویژگی گره‌ها مشخص کرده است که با توجه به ماهیت ویژگی تعیین می‌شود. در جدول (۲)، مقادیری که برای هر گره مهم است، به‌صورت فازی نوشته شده است.

### ۳-۳- ارزیابی سیگنال بازگشتی از گره تومور

سیگنال ارسالی یک سیگنال پالسی است که پهنای پالس آن دارای مدولاسیون فرکانسی خطی<sup>۶</sup> است که این نوع مدولاسیون، به‌طور خطی با زمان تغییر می‌کند و تغییر آن به‌صورت صعودی هست [۲۴،۲۵]. فرض کنید سیگنال ارسال می‌شود و آنچه دریافت می‌گردد علاوه بر سیگنال بازگشتی از تومور، آغشته به نویز نیز باشد، این سیگنال بازگشتی به علت جذب بافت تومور دارای کمتری نیز است، بنابراین می‌توان سیگنال بازگشتی را به‌صورت رابطه (۱۱) مدل کرد [۲۵] که در آن  $A_t$  دامنه و فاز تومور،  $t_t$  تأخیر تومور است. با توجه به این‌که سیگنال بازگشتی دارای ضریب بازتاب است، لذا برای ارزیابی سیگنال بازگشتی دو مؤلفه ضریب گذردهی الکتریکی<sup>۷</sup> و ثابت دی‌الکتریک<sup>۸</sup> در نظر گرفته می‌شود.

$$S_{Rx}(t, T) = A_t(t - \tau - T) \Gamma^b \exp(j2\pi f_c(t - \tau)), T = 0, PRI, 2PRI, \dots \quad (11)$$

$$\Gamma_{\perp}^b = \frac{\sqrt{\frac{\mu_2}{\epsilon_2}} \cos\theta_i - \sqrt{\frac{\mu_2}{\epsilon_2}} \cos\theta_t}{\sqrt{\frac{\mu_2}{\epsilon_2}} \cos\theta_i - \sqrt{\frac{\mu_1}{\epsilon_1}} \cos\theta_t} \quad (12)$$

در اینجا مطابق قانون فرسنل<sup>۹</sup> زاویه تابش  $\theta_i$  و زاویه بازتابش  $\theta_t$ ،  $\epsilon$  ضریب دی‌الکتریک و  $\mu$  ضریب گذردهی نسبی<sup>۱۰</sup> است.



برای این که بتوان سیگنال برگشتی را بهتر تجزیه و تحلیل کرد، دامنه سیگنال برگشتی متناسب با قضیه بیزلامبرت<sup>۱۱</sup> نوشته می شود. معادله (۱۳)

(۱۳) برای تحلیل دقیق تر توان برگشتی از تومور مورد نیاز است [۳].

$$A_t \propto I = I_0 e^{-\alpha L} \quad (13)$$

که در آن  $\epsilon$  یک خاصیت وابسته به نمونه است که از اندازه گیری میزان قدرت جذب یک نمونه در یک طول موج خاص،  $C$  تعداد مول های حل شده در یک محلول،  $L$  طول مسیری است که نور طی می کند. سیگنال برگشتی از هدف دارای دامنه و تأخیر بوده که اگر توان موج برگشتی کم باشد آنگاه جذب با توجه به غلظت مولار بیش تر صورت می گیرد؛ بنابراین حالت های قابل تصور در یک شبکه برای ارزیابی گره تومور با آن مواجه می شوند به صورت زیر است [۳].

- افزایش فشار در خروجی کبد باعث افزایش جریان و در نتیجه باعث افزایش جرم و تأثیر آن بر غلظت خون تومور
- افزایش برون ده قلبی و تأثیر آن بر غلظت خون تومور
- سرعت جذب با توجه به غلظت مولار است.
- سطح مقطع راداری هدف باعث جذب انرژی می شود و یا توان بازگشتی از تومور را مشخص می کند.
- توجع هدف با توجه به زاویه برگشت سیگنال در راستای سمت و ارتفاع هدف است.
- با توجه به قانون بیزلامبرت، انرژی قابل جذب برای مولار آب در یک فرکانس خاص باعث می شود، سطح توان سیگنال دریافتی به صورت خطی کاهش یابد.
- اگر چگالی خون افزایش یابد سطح توان سیگنال دریافتی به صورت نمایی کاهش یابد.
- اگر غلظت مولار، طول مسیر، ضریب جذب مولی، سطح توان سیگنال دریافتی به صورت خطی افزایش می یابد.
- ضریب جذب ماده با افزایش اکسیژن افزایش می یابد.
- با افزایش حجم خون به تومور، تکثیر سلول های سرطانی افزایش می یابد.
- غلظت با افزایش مواد غنی افزایش می یابد.

#### ۴- شبیه سازی و ارزیابی چرخه نظارت و کنترل وضعیت بیمار

به منظور ارزیابی چرخه نظارت و کنترل بیمار در ابتدا مدل شبکه پیشنهادی ارزیابی وضعیت بیمار مدل سازی می شود. سپس به منظور تکمیل چرخه نظارت و کنترل بر بیمار، کل چرخه که شامل شبکه، نحوه تفکر، تحلیل، تصمیم و اقدام است شبیه سازی و ارزیابی می گردد. دو حالت ارزیابی کلی شبکه و ارزیابی زمانی حلقه کنترل و نظارت بر بیمار بررسی و شبیه سازی می شوند. مشاهده بر اساس ساختار شبکه، قابلیت گره های شبکه، غنای شبکه و امتیاز قابلیت کل شبکه تعیین می شود. تحلیل و تصمیم یک تفکر مبادله است که برای تصمیم گیری های انتخابی و فراقنی در برخی موقعیت هایی است که در آینده برای بیمار اتفاق می افتد. بر این اساس تصمیم گیری چندمعیاره در قالب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی بهترین تصمیم برای درک وضعیت بیمار است. با توجه به این که هر شبکه حداکثر نرخ تبادل اطلاعات محدودی دارد که عمدتاً توسط فناوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می شود، پیشنهاد می شود که مقیاس زمانی مشخص یا سرعت نرخ مشاهده زمانی برای تبادل اطلاعات مرتبط با هر شبکه انجام پذیرد. در ابتدا مشاهده توسط توپولوژی شبکه و فناوری اطلاعات و ارتباطات به کار گرفته شده است. سپس به سرعت تصمیم گیری یک متخصص تا حد زیادی به ساختار مدل تصمیم گیری چندمعیاره در قالب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی بستگی دارد [۴، ۲۲]. سرعت تصمیم گیری تا حد زیادی مستقل از قابلیت شبکه است، اما حد بالایی را برای سرعت تصمیم گیری یک متخصص تعیین می کند. برای ارزیابی تحلیل ها و تصمیم گیری ها بر اساس مشاهده و تحلیل سلسله مراتبی فازی، چرخه کنترل و نظارت بیمار را تکرار کرده و نتایج آن مشاهده می گردد. جدول (۳) نرخ ناسازگاری ماتریس جفت نرمال شده را نشان می دهد. محاسبه میزان ناهماهنگی از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا نشان می دهد که او تا چه اندازه به اولویت های به دست آمده از مقایسه های ماتریس زوج اعتماد کرده و با توجه به میزان ناهماهنگی تصمیمی را انتخاب کرده یا در تصمیم خود تجدیدنظر کرده است. مقدار  $\lambda_{max}$  برابر ۴/۱۰۰۷ و مقدار شاخص ناسازگاری C.I برابر ۰/۰۳۳۵۵ است. نرخ

ناسازگاری CR برابر ۰/۳۷۳۱۱ به دست آمده که کوچک‌تر از ۰/۱ است، بنابراین مقادیر ماتریس قابل قبول است. به طور کلی می‌توان گفت میزان ناهماهنگی قابل قبول یک ماتریس یا سیستم به تصمیم‌گیرنده بستگی دارد، میزان ناهماهنگی آن حدود ۰/۳۳۵ است که کمتر از عدد محاسبه شده ۰/۱ است. برای مقادیر بیشتر از ۰/۱ حلقه کنترل و نظارت باید تکرار شود. جدول (۴) معیارهایی قابل قبول را با توجه به میزان ناسازگاری نشان می‌دهد. نتیجه محاسبه ضرایب اهمیت در ماتریس مقایسه‌های زوجی و امتیاز هر گزینه مطابق نمودار شکل (۳) است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، وضعیت مورد نظر برابر است با  $Statuse\_1 \geq Statuse\_3 \geq Statuse\_2$  که نشان می‌دهد گزینه اول با توجه به معیارها گزینه مناسبی است. نرخ سازگاری برابر با ۰/۹۶۲۶۸۹ است که از معادله (۱۴) به دست می‌آید. نرخ سازگاری مدل تصمیم‌گیری چند معیاره در قالب فرآیند FAHP که نشان می‌دهد سرعت تصمیم‌گیری برابر با  $\lambda_R$  است [۳].

$$\lambda_R = 1 - CR \quad (14)$$

شکل (۴) چرخه نظارت و کنترل بیماری را نشان می‌دهد که در آن هر مرحله با توجه به ویژگی‌های خود زمان معینی را می‌طلبد. به منظور ارزیابی چرخه کنترل و نظارت بر بیمار، مراحل زیر باید انجام شود. مرحله اول- زمان مشاهده با قابلیت‌های گره‌ها و توپولوژی شبکه تعیین مطابق معادله (۱۵) می‌شود.

$$\Delta t_1 \geq \frac{1}{\lambda_1} \quad (15)$$

مرحله دوم- مدت زمان افزایش سرعت تصمیم‌گیری است که متخصص نرخ کنترل و نظارت از یک مدل تصمیم‌گیری فاز چند معیاره بر اساس مشاهدات جرم، حجم، فشارخون، غلظت مولی، شبکه استفاده می‌کند. امتیاز غنا و توانایی شبکه مطابق معادله (۱۶) مشخص می‌شود.

Table (3): The weight of the pair matrix

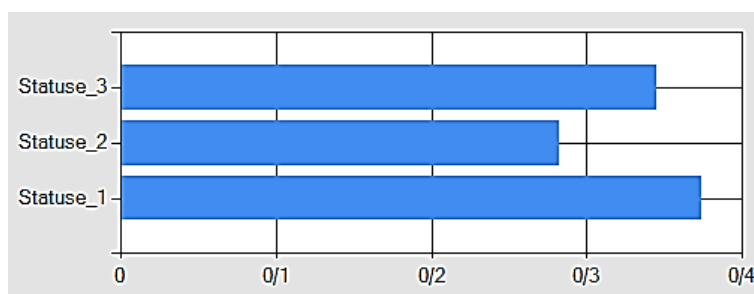
جدول (۳): وزن ماتریس جفت

پارامتر	جرم	حجم	فشارخون	غناى شبکه	امتیاز توانایی
جرم	۰/۶۰۳۸	۰/۴۲۵۴	۰/۲۵۴	۰/۲۳۲۵	۰/۱۷۸۵
حجم	۰/۵۲۳۶	۰/۱۳۶۵	۰/۴۵۲۵	۰/۵۲۳۲	۰/۱۶۲۵
فشارخون	۰/۴۱۲۵	۰/۶۱۲۵	۰/۱۹۵۸	۰/۱۲۱۵	۰/۱۳۱۴
غناى شبکه	۰/۱۲۳۴	۰/۱۵۲	۰/۱۶۸۵	۰/۰۶۵۶	۰/۰۸۹
امتیاز توانایی	۰/۱۸۲۳	۰/۱۹۲۵	۰/۸۷۲۵	۰/۱۱۰	۰/۰۳۵۴

Table (4): Acceptable criteria according to the degree of inconsistency

جدول (۴): معیارهای قابل قبول با توجه به میزان ناهماهنگی

وضعیت	معیار وزنی
۱	۰/۶۰۳۸
۲	۰/۱۳۶۵
۳	۰/۱۹۵۸



شکل (۳): نمودار مقایسه شرایط مختلف بیماران با توجه به ویژگی‌های آن‌ها

Figure (3): Chart comparing different conditions of patients according to their characteristics

$$\Delta t_2 \geq \frac{1}{0.5\lambda_{c2}} \quad (16)$$

مرحله سوم - مدت زمان تصمیم‌گیری تا زمانی که برای بهبود وضعیت بیمار زمان لازم باشد مطابق رابطه (۱۷) تعیین می‌شود.

$$\Delta t_3 \geq \frac{1}{0.5\lambda_{c2}} \quad (17)$$

مرحله چهارم - مدت زمان بهبودی بیمار تا زمان مشاهدات جدیدتر که با تغییر اطلاعات مشاهده مواجه می‌شوند و مطابق معادله (۱۸) تعیین می‌شود.

$$\Delta t_4 \geq \frac{1}{0.5\lambda_{c2}} \quad (18)$$

افزایش سرعت (مشاهده، تصمیم‌گیری و اقدام) زمان را کاهش می‌دهد، کاهش زمان باعث افزایش سرعت عمل نظارت بر وضعیت بیمار می‌شود.  $\Lambda_{OODA}$  نشان‌دهنده حداکثر سرعت نظارت است، حداکثر سرعت یک شبکه برای اجرای کل حلقه کنترل و نظارت و پاسخ به وضعیت بیمار و به‌صورت جدول (۶) تعریف شده است. در معادله پیشنهادی برای حلقه کنترل و نظارت  $\Lambda_{OODA}$  نشان‌دهنده حداکثر سرعت نظارت است که وابسته به توپولوژی شبکه و توانایی گره‌ها در شبکه است که این مقدار وابسته به تابع تعریف شده در معادله (۱۰) است. در اینجا  $\lambda_a$  بیشترین تکرار فعالیت متخصص،  $\lambda_{CR}$  نرخ سرعت تحلیل و تصمیم،  $\lambda_a$  نرخ اقدام متخصص است. در روش‌های مطرح شده [۹،۱۲،۱۳] مقادیر مراحل تحلیل، تصمیم و اقدام ضریبی از مشاهده مدل‌سازی شده‌اند ولی در روش پیشنهادی برای مراحل تحلیل، تصمیم و اقدام مدل فازی مطرح شده است که بیانگر واقعی بودن روش پیشنهادی است، مدل فازی همانند روش‌های قبلی دارای ضریب افزایش یا کاهش نیست بلکه واقعیت هر مرحله از حلقه کنترل و نظارت را مطرح می‌کند. جدول (۶) مقایسه نمونه‌های مختلف سرعت عملکرد شبکه هوشمند نظارت و کنترل پرداخته شده است [۴]. این سرعت مقدار ثابتی ندارد اما پس از چندین بار تکرار به سمت میرایی می‌رود و مقدار ثابتی پیدا می‌کند. بالاترین مقدار به دلیل محدود بودن توپولوژی شبکه و قابلیت‌های گره‌ها است. سرعت چرخه نظارت بر اساس مشاهده و تصمیم‌گیری چند معیاره در قالب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای استخراج واقعیت مرتب شده است. در اینجا زمان عمل را نادیده می‌گیریم زیرا فرض می‌کنیم در تکرار متوالی حلقه، متخصص متوجه وضعیت بیمار می‌شود. در واقع مرحله اقدام با مرحله تصمیم ادغام می‌شود.

الف - نرخ تغییر شبکه متناسب با نسبت نرخ مشاهده به نرخ کنترل و نظارت و نرخ سرعت شبکه به نرخ کنترل و نظارت وضعیت عادی شبکه است.

ب - نرخ تغییر شبکه متناسب با نسبت نرخ مشاهده به نرخ کنترل و نظارت و نرخ سرعت شبکه است (به نرخ کنترل و نظارت افزایش سرعت شبکه در مراحل مختلف).

ج - نرخ تغییر شبکه متناسب است با نسبت نرخ مشاهده به نرخ کنترل و نظارت و نرخ سرعت شبکه است (به نرخ کنترل و نظارت با افزایش سرعت شبکه در مراحل مختلف و نرخ‌های مشاهده متفاوت).

د - سرعت چرخش حلقه کنترل و نظارت پیشنهادی با توجه به منطق فاز افزایش می‌یابد.  $\eta_\lambda$  در معادله (۱۹) نسبت تغییرات مشاهده شبکه به نرخ سرعت تحلیل و تصمیم است.

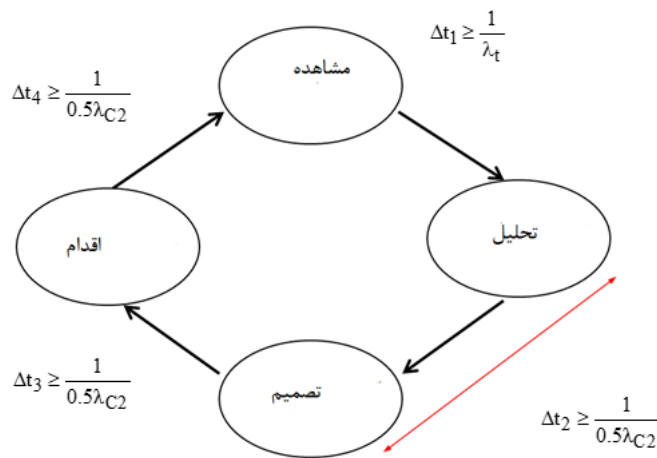
$$\eta_\lambda = \frac{\lambda_T}{\lambda_{c2}} \quad (19)$$

در اینجا  $\lambda_t$  نرخ مشاهده شبکه،  $\lambda_{c2}$  نرخ سرعت تحلیل و تصمیم تعریف می‌شود.  $\eta_{OODA}$  در معادله (۲۰) نرخ سرعت شبکه یا سرعت حلقه کنترل و نظارت نرخ سرعت تحلیل و تصمیم را نشان می‌دهد.

$$\eta_{OODA} = \frac{\Lambda_{OODA}}{\lambda_{c2}} \quad (20)$$

شکل (۵) روش‌های مختلف [۹،۱۲،۱۳] بررسی شده است همان‌طور که مشاهده می‌شود روش حلقه کنترل و نظارت فازی<sup>۱۲</sup> با افزایش  $\eta_\lambda$  میزان  $\eta_{OODA}$  نسبت به سایر روش‌ها افزایش می‌یابد. آنچه حائز اهمیت است که نرخ مشاهده نرخ مشاهده نسبت به سایر مراحل چرخه نظارت و کنترل (تحلیل، تصمیم و اقدام) است، با افزایش این میزان سرعت چرخه نظارت و کنترل

$\Lambda_{OODA}$  نسبت به سایر مراحل چرخه نظارت و کنترل نرخ کنترل و نظارت (تحلیل، تصمیم و اقدام) افزایش سریع‌تری دارد. این روش نسبت به روش‌های دیگر [۹،۱۲،۱۳] از عملکرد بهتری برخوردار است. همان‌طور که در شبیه‌سازی مشاهده می‌شود نرخ مشاهده به نرخ کنترل و نظارت و نرخ سرعت شبکه به نرخ کنترل و نظارت وضعیت عادی شبکه نسبت به دیگر شبکه‌ها به میزان ۱۰ درصد بهبود یافته است. همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، مدل پیشنهادی سریع‌تر از مدل قبلی است زیرا در اینجا با استفاده از یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، سرعت شبکه را افزایش داده است زیرا این مدل اصل و قاعده-ای برای تفکر در اختیار متخصص قرار می‌دهد. تا متخصص بتواند تصمیم درستی بگیرد در اینجا، هر چه سرعت نرمال شده چرخه نظارت و کنترل (منحنی بالاتر) بیشتر باشد، کارشناس سریع‌تر می‌تواند بر اساس چرخه نظارت و کنترل به تصمیم خود برسد. با افزایش سرعت شبکه نرمال شده باعث نرمال شدن سرعت چرخه نظارت و رسیدن به مقدار واحد می‌شود. معادله (۲۱) الگوریتم گرادیان نزولی را بیان می‌کند، وزن الگوریتم با تکرار زیاد به‌روز می‌شود. وزن الگوریتم یک متغیر تصادفی است. این الگوریتم متناسب با جهت مثبت گرادیان تابع گام  $\eta$  برمی‌دارد تا حداکثر مقدار تابع را نزدیک‌تر کند البته گام  $\eta$  تابعی از  $\lambda_T$  است [۶].



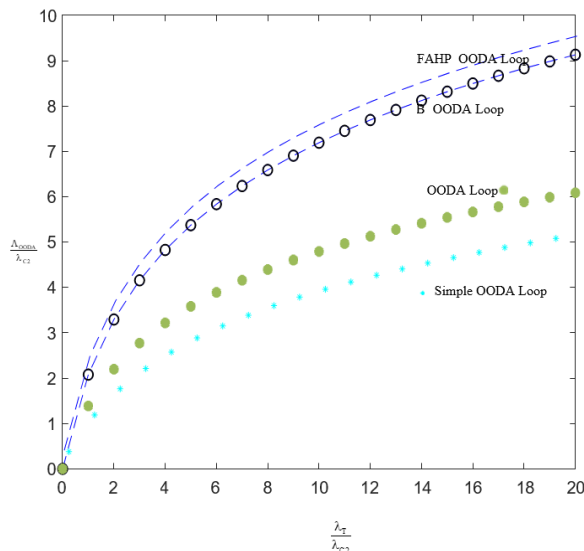
شکل (۴): حلقه کنترل و نظارت بر بیمار

Figure (4): Patient control and monitoring loop

Table (6): Comparison of different examples of the performance speed of the smart monitoring and control network

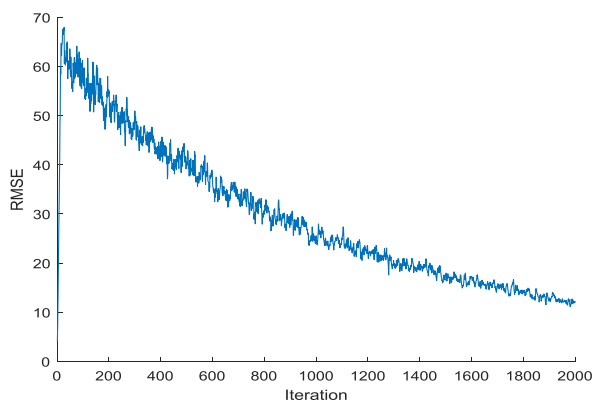
جدول (۶): مقایسه نمونه‌های مختلف سرعت عملکرد شبکه هوشمند نظارت و کنترل

روش	سرعت حلقه نظارت
حلقه کنترل و نظارت ساده [۱۲،۲۶]	$\Lambda_{OODA} \leq \frac{1}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4} = \frac{\lambda_{C2}}{\left(\frac{3}{\lambda_T} + \frac{1}{\lambda_{C2}} + \frac{1}{\lambda_d} + \frac{1}{\lambda_f}\right)}$
حلقه کنترل و نظارت B [۲۷]	$\Lambda_{OODA} \leq \frac{1}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4} = \frac{\lambda_{C2}}{\left(1 + \left(\frac{1}{\eta_1} + \frac{1}{\eta_2}\right)\lambda_{C2} + \frac{3\lambda_{C2}}{\lambda_T}\right)}$
حلقه کنترل و نظارت [۱۴،۲۸]	$\Lambda_{OODA} \leq \frac{1}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4} = \frac{\lambda_{C2}}{\left(\frac{3}{\lambda_T} + \frac{1}{\lambda_{C2}} + \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} (n-i)(m-i)} + \frac{1}{\lambda_f}\right)}$
حلقه کنترل و نظارت تحلیل سلسله مراتبی فازی (حلقه کنترل و نظارت پیشنهادی)	$\Lambda_{OODA} \leq \frac{1}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4} = \frac{\lambda_{C2}}{\left(\frac{1}{\lambda_T} + \frac{1}{\lambda_{CR}} + \frac{1}{\lambda_A}\right)}$



شکل (۵): نمودار سرعت عمل حلقه کنترل و نظارت بر اساس مشاهده و تصمیم‌گیری فازی

Figure (5): Diagram of the speed of operation of the control and monitoring loop based on observation and fuzzy decision making



شکل (۶): همگرایی گام‌ها متناسب با جهت مثبت گرادیان

Figure (6): The convergence of the steps is proportional to the positive direction of the gradient

$$\Lambda_{k+1} = \Lambda_k - \eta \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \nabla f_{\Lambda_k}(x^i) \quad (21)$$

## ۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، شبکه هوشمند برای نظارت بر بیمار مبتلا به سرطان سینه مطرح شده است، این شبکه دارای چرخه کنترل و نظارت بر بیمار است که شامل مشاهده، تحلیل، تصمیم و اقدام است، در واقع چرخه مجموعه‌ای از اعمال متوالی هست که باعث می‌شود یک فرآیند همیشه در حال تغییر باشد. به منظور گسترش چرخه کنترل و نظارت بر بیمار روش مشاهده و جهت‌گیری را گسترش داده‌ایم. روش مشاهده با توجه به ساختار شبکه هوشمند که شامل وزن گره‌های و میزان توانایی مسیره‌های ارتباطی بین گره‌ها میسر تعیین می‌گردد. روش دیگر جهت‌گیری است که بر مبنای تحلیلی سلسله مراتبی فازی تعیین می‌گردد. این روش شناخت اولویت‌های شناسایی، معیارهای تصمیم‌گیری و باورهای ذهنی را به گونه‌ای تنظیم می‌کند که با کمترین زمان، سرعت تشخیص بیمار افزایش یابد. به منظور افزایش سرعت شبکه، به گره و مسیر بین گره‌ها امتیاز متناسب با توانمندی آن‌ها داده شده است. امتیاز توانمندی با توجه به عملکرد گره و مسیر در شبکه تغییر می‌کند، افزایش امتیاز توانمندی باعث هوشمندی شبکه می‌گردد. برای ارزیابی وضعیت بیمار، یک حسگر به صورت مداوم بر بافت تومور نظارت دارد، عملکرد تومور سرطان را در مرحله مشاهده، تحلیل، تصمیم و اقدام را مورد ارزیابی قرار داده شده است و همچنین تأثیر سایر بافت‌ها بر تومور را استخراج می‌شود. مشکل این روش به این صورت است که چرخه کنترل و نظارت بر بیمار (شامل

مشاهده، جهت‌گیری، تصمیم و اقدام) یک چرخه مجموعه‌ای از اعمال متوالی و متغیر با زمان است لذا برای مدل‌سازی باید با مرور زمان تغییرات را مشاهده کرد و چرخه را بهینه‌سازی کرد. به‌منظور گسترش این مدل و مدل‌های مشابه آن می‌توان به تحلیل بازخوردهای شبکه و تحلیل مسیرهای ارتباطی در ابعاد گسترده‌تری استفاده نمود.

#### References

#### مراجع

- [1] A.E. Attaoui, M. Hazmi, A. Jilbab, A. Bourouhou, "Wearable wireless sensors network for ECG telemonitoring using neural network for features extraction", *Wireless Personal Communications*, vol. 111, no. 3, pp. 1955-1976, April 2020 (doi: 10.1007/s11277-019-06967-x).
- [2] G.J. Jong, G.J. Horng, "The PPG physiological signal for heart rate variability analysis", *Wireless Personal Communications*, vol. 97, no. 4, pp. 5229-5276, Dec. 2017 (doi: 10.1007/s11277-017-4777-z).
- [3] I.E. Khuda, M.I. Anis, M. Aamir, "Numerical modeling of human tissues and scattering parameters for microwave cancer imaging systems", *Wireless Personal Communications*, vol. 95, no. 2, pp. 331-351, July 2017 (doi: 10.1007/s11277-016-3895-3).
- [4] A.M.T. Rojas, S. Lorente, M. Hautefeuille, A. Sanchez-Cedillo, "Hierarchical modeling of the liver vascular system", *Frontiers in Physiology*, vol. 12, Article Number: 7331165, Nov. 2021 (doi: 10.3389/fphys.2021.7331165).
- [5] A. Qureshi, E. Shih, I. Fan, J. Carlisle, D. Brezinski, M. Kleinman, J. Guttag, "Improving patient care by unshackling telemedicine: adaptively aggregating wireless networks to facilitate continuous collaboration", *AMIA Annual Symposium Proceedings*, pp. 662-666, Nov. 2010.
- [6] T. Yilmaz, R. Foster, Y. Hao, "Detecting vital signs with wearable wireless sensors", *Sensors*, vol. 10, no. 12, pp. 10837-10862, Nov. 2010 (doi: 10.3390/s101210837).
- [7] S. Pirzadi, M.A. Pourmina, S.M. Safavi-Hemami, "Delay-tolerant routing optimization using simulated annealing heuristic algorithm in disrupted mobile ad-hoc networks", *Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology*, vol. 14, no. 56, pp. 131-150, March 2024 2022 (in Persian) (dor: 20.1001.1.232238-71.1402.14.56.9.9).
- [8] S.M.A. Zanjani, M. Aalipour, M. Parvizi, "Design of a low power temperature sensor based on sub-threshold performance of carbon nanotube transistors with an inaccuracy of 1.5 °C for the range of -30 to 125°C", *Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology*, vol. 13, no. 50, pp. 115-127, Sept. 2022 (in Persian) (dor: 20.1001.1.23223871.1401.13.50.7.8).
- [9] Y.Q. Chen, P.E. Pace, "Simulation of information metrics to assess the value of networking in a general battlespace topology", *Proceeding of the IEEE/SYSOSE*, Monterey, CA, pp. 1-6, Monterey, CA, USA, Dec. 2008 (doi: 10.1109/SYSOSE.2008.4724133).
- [10] Y.H. Ahmadian, M.A. Pourmina, A. Haghbin, "A novel GPS-free localization algorithm for ad-hoc network nodes", *Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology*, vol. 12, no. 47, pp. 41-56, Dec. 2021 (in Persian) (dpr: 20.1001.1.23223871.1400.12.3.2.2).
- [11] M. Ghayoor, H. Pourghassem, "Proposing an Automated System for Differentiating between Healthy Individuals and Patients with Diabetic Retinopathy", *Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology*, vol. 11, no. 44, pp. 1-19, March 2021 (in Persian).
- [12] M. Magalhaes, T.E. Smith, P.E. Pace, "Adaptive node capability to assess the characteristic tempo in a wireless communication network", *Proceeding of the IEEE/WCNC*, pp. 3013-3018, Paris, France, April 2012 (doi: 10.1109/WCNC.2012.6214321).
- [13] M.F. Ling, T. Moon, E. Kruzins, "Proposed network centric warfare metrics: From connectivity to the OODA cycle", *Military Operations Research*, vol. 10, no. 1, pp. 5-13, Nov. 2005.
- [14] J. Li, Y. Tan, K. Yang, X. Zhang, B. Ge, "Structural robustness of combat networks of weapon system-of-systems based on the operation loop", *International Journal of Systems Science*, vol. 48, no. 3, pp. 659-674, July 2017 (doi: 10.1080/00207721.2016.1212429).
- [15] A. Lesne, "Shannon entropy: A rigorous notion at the crossroads between probability, information theory, dynamical systems and statistical physics", *Mathematical Structures in Computer Science*, vol. 24, no. 3, pp.10837-10862, March 2014 (doi: 10.1017/S0960129512000783).
- [16] S. Lorente, M. Hautefeuille, A. Sanchez-Cedillo, "The liver, a functionalized vascular structure", *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, pp. 1-10, March 2020 (doi: 10.1038/s41598-020-73208-8).
- [17] J.J. Buckley, T. Feuring, Y. Hayashi, "Fuzzy hierarchical analysis revisited", *European Journal of Operational Research*, vol. 129, no. 1, pp. 48-64, Feb. 2001 (doi: 10.1016/S0377-2217(99)00405-1).
- [18] F. Ahmed, K. Kilic, "Fuzzy analytic hierarchy process: A performance analysis of various algorithms", *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 362, pp. 110-128, May 2019 (doi: 10.1016/j.fss.2018.08.009).

- [19] M. Vafaei, A. Khademzadeh, M.A. Pourmina, "A new QOS-based routing protocol for video streaming in VANETs using ACO algorithm and fuzzy logic", Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology, vol. 12, no. 46, pp. 49-68, Sept. 2021 (in Persian) (dor: 20.1001.1.23223871.1400.12.2.4.2).
- [20] Y.M. Wang, T.M. Elhag, Z. Hua, "A modified fuzzy logarithmic least squares method for fuzzy analytic hierarchy process", Fuzzy Sets and Systems, vol. 157, no. 23, pp. 3055-3071, Dec. 2006 (doi: 10.1016/j.fss.2006.08.010).
- [21] A. Fernandez, V. Lopez, M.J. Jesus, F. Herrera, "Revisiting evolutionary fuzzy systems: Taxonomy, applications, new trends and challenges", Knowledge-Based Systems, vol. 80, pp. 109-121, May 2015 (doi: 10.1016/j.knosys.2015.01.013).
- [22] M.Z. Naghadehi, R. Mikaeil, M. Ataei, "The application of fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to selection of optimum underground mining method for Jajarm bauxite mine, Iran", Expert Systems with Applications, vol. 36, no. 4, pp. 8218-8226, May 2009 (doi: 20.1001.1.23223871.1401.13.50.5.6).
- [23] H. Meshgin-Kelk, M. Mohammadpour, "Detection of short circuit faults in power transformer by the measurement of its windings voltages and currents using a neuro-fuzzy system", Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology, vol. 13, no. 50, pp. 87-99, Sept. 2022 (in Persian) (dor: 20.1001.1.23-223871.1401.13.50.5.6).
- [24] M. Ahmadi, K. Mohamedpour, "A new method for recognizing pulse repetition interval modulation", Proceeding of the IEEE/ICSPS, pp. 146-151, Singapore, July 2009 (doi: 10.1109/ICSPS.2009.8).
- [25] E. Cianca, B. Gupta, "FM-UWB for communications and radar in medical applications", Wireless Personal Communications, vol. 51, no. 4, pp. 793-809, Oct. 2009 (doi: 10.1007/s11277-009-9772-6).
- [26] R.A.S. Malick, M. Murtaza, K.A. Qureshi, "A knowledge graph-based framework for integrated network-centric warfare strategies for cyber-physical-social world", Proceeding of the IEEE/ICCWS, pp. 42-48, Islamabad, Pakistan, Dec. 2022 (doi: 10.1109/ICCWS56285.2022.9998467).
- [27] Y. Zhong, Q. Sun, H. Li, K. Ren, Z. Huang, Y. Zhang, "Combat system-of-systems network modeling research", Proceeding of the IEEE/ICUS, pp. 1270-1275, Guangzhou, China, Oct. 2022 (doi: 10.1109/ICUS-55513.2022.9987241).
- [28] V. Lytvyn, D. Dosyn, V. Vysotska, A. Hryhorovych, "Method of ontology use in OODA", Proceeding of the IEEE/DSMP, pp. 21-25, Lviv, Ukraine, Sept. 2020 (doi: 10.1109/DSMP47368.2020.9204107).

پیوست (پارامترهای سیستم)

سمبل	پارامتر	سمبل	پارامتر
$\lambda_{\mu}^{\min}$	کمترین نرخ اطلاعات	$\lambda_{c2}$	نرخ کنترل و نظارت
$\Gamma^b$	ضریب بازتاب	$\lambda_T$	نرخ مشاهده
$C_M^R$	مقدار اتصال مرجع	$\sigma(\theta, \varphi)$	تموج هدف
$C_R$	مقدار اتصال عمومی	$\sigma$	سطح مقطع راداری
		$\lambda_{\mu} Q(\lambda_{\mu})$	دانش یکسان نود $\mu$

زیر نویس ها

1. Network richness
2. Observe, orient, decide, act (OODA)
3. Fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)
4. Molar concentration
5. Shannon's theory
6. Linear frequency modulated (LFM)
7. Electrical conductivity
8. Dielectric constant
9. Fresnel's law
10. Relative permeability coefficient
11. Bayes-Lambert theorem
12. Fuzzy control and monitoring loop