

ارائه رویکردی جهت تشخیص وضعیت بیمار در شبکه‌های حسگر بیسیم بدنی

محمد مهرانی^۱، ایمان عطارزاده^{۲*}، مهدی حسین زاده^۳

^۱ گروه مهندسی کامپیوتر، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران، mehrani@iaud.ac.ir

^{۲*} گروه مهندسی کامپیوتر، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران، iman.attarzadeh@iauctb.ac.ir

^{۲*} گروه مهندسی کامپیوتر، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، iman.attarzadeh@iauctb.ac.ir

^۳ دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، hosseinzadeh@srbiau.ac.ir

چکیده - شبکه‌های حسگر بی‌سیم بدنی جهت نظارت بر وضعیت بیماران و افراد مستعد بیماری در سال‌های اخیر معرفی شده‌اند. در این نوع شبکه‌ها، بیوسنسورها مسئول جمع‌آوری داده‌های مربوط به علائم حیاتی بیمار، انجام عملیات پیش‌پردازش بر روی آن‌ها و سپس ارسال آن‌ها به یک مرکز تلفیق داده جهت تصمیم‌گیری می‌باشند. با توجه به اهمیت اخذ تصمیم‌های صحیح در مرکز تلفیق داده لذا ارائه راهکارهایی جهت استنتاج صحیح دارای اهمیت حیاتی می‌باشد. در رویکرد پیشنهادی بر اساس سیستم ارزش‌گذاری هشدار اولیه ملی (NEWS) ابتدا علائم حیاتی مقدرده شده سپس مقادیر مربوط به چهار مورد از علائم حیاتی مهم جهت اتخاذ تصمیم به مرکز تلفیق داده ارسال می‌گردند. در این رویکرد جهت استنتاج صحیح و اخذ تصمیم‌های درست درباره وضعیت سلامت بیمار، مرکز تلفیق داده از شبکه‌های تطبیقی فازی عصبی (ANFIS) استفاده می‌نماید. نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده عملکرد مطلوب رویکرد پیشنهادی در زمینه تشخیص وضعیت بیمار می‌باشد.

کلیدواژه- شبکه‌های حسگر بدنی بی‌سیم، تلفیق داده، سیستم ارزش‌گذاری هشدار اولیه ملی، شبکه‌های تطبیقی فازی عصبی

* نشانی نویسنده مسئول: ایمان عطارزاده، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی کامپیوتر

به‌وسیله آن پزشک می‌تواند پس از ترخیص بیمار از بیمارستان، بیمار خود را تحت نظر داشته باشد. این پدیده یکی از رویکردهایی است که به دلیل کاربرد مهم و باارزش آن در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است.

شبکه‌های حسگر بدنی بی‌سیم شامل تعدادی گره حسگری بوده که بر روی بدن بیمار نصب شده و به دریافت سیگنال‌های مربوط به علائم حیاتی بدن از قبیل فشار خون، میزان اکسیژن، نرخ تنفس و غیره می‌پردازند. مجموعه حسگرها به جمع‌آوری اطلاعات مربوط به بیمار پرداخته و با ارسال آن‌ها به یک کنترل‌کننده مرکزی این امکان را فراهم آورده تا پایش اطلاعات بیمار به‌صورت لحظه‌ای و آنی صورت پذیرد. لذا شبکه‌های حسگر بدنی بی‌سیم یک ابزار بسیار مهم و تأثیرگذار در شبکه‌های نظارت بر سلامت بوده و به‌عنوان یک راه‌حل کم‌هزینه برای برنامه‌های بهداشت و درمان مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. داده‌های جمع‌آوری شده توسط بیوحسگرها بعد از عملیات پیش‌پردازش، جهت اتخاذ تصمیم در مورد وضعیت بیمار به یک هماهنگ‌کننده (Coordinator) ارسال شده تا توسط آن تلفیق داده (Data Fusion) صورت گیرد. در واقع تلفیق داده‌ها

۱- مقدمه

انواع مختلف شبکه‌های حسگر بیسیم از کاربردهای بسیاری در حوزه‌های مختلف زندگی روزمره، صنعت، فن‌آوری و غیره برخوردار بوده که یکی از کاربردهای آن حوزه سلامت و شبکه‌های نظارت بر سلامت می‌باشد به‌طوری‌که امکان مراقبت بهداشتی هوشمند را ایجاد می‌نماید. به‌صورت کلی کاربران شبکه‌های حسگر بیسیم در حوزه سلامت را به سه دسته کاربران عمومی، کاربران ورزشکار و کاربران بیمار می‌توان تقسیم کرد. شبکه‌های حسگر بیسیم می‌تواند در زمینه‌های مختلف پزشکی از جمله سیستم مراقبت از راه دور بیماران، سیستم هشداردهنده موارد اورژانسی، برنامه‌های تناسب‌اندام، بیماری‌های مزمن و مراقبت از سالمندان مورد استفاده قرار گیرد. این موارد می‌تواند شامل سیستم اندازه‌گیری ضربان قلب، سیستم اندازه‌گیری فشار و سطح اکسیژن خون، سیستم‌های بررسی سلامت، ضربان‌سازهای مصنوعی و سمعک‌ها باشد. در موارد پیشرفته‌تر دستگاه‌ها سیر درمان، داروها و مقدار آن‌ها را نیز پایش می‌کنند. همچنین برنامه‌هایی طراحی شده‌اند که

اشیاء، سیستم‌های زمینه‌آگاه، شبکه‌های حسگر بدنی بیسیم، شبکه‌های پایش سلامت [۱۲-۱۰] و غیره کاربرد دارد. روش‌های مختلفی که در زمینه تلفیق داده ارائه شده است از تکنیک‌های مختلف از جمله نظریه احتمال [۱۳]، نظریه مجموعه فازی [۱۴]، ترکیبی از مجموعه‌های فازی و شبکه‌های عصبی [۱۵] و نظریه شواهد دمپستر شافر (DSET) [۱۶] استفاده نموده‌اند.

۳- رویکرد پیشنهادی

با توجه به اهمیت بحث تلفیق داده و استنتاج صحیح درباره وضعیت بیمار، رویکرد پیشنهادی به ارائه روشی جهت استنتاج صحیح داده‌های مربوط به علائم حیاتی بیمار می‌پردازد.

۳-۱- سیستم ارزش‌گذاری هشدار اولیه ملی

سیستم ارزش‌گذاری هشدار اولیه ملی (NEWS) برای شناسایی وضعیت بیماران مبتلا به بیماری در بخش‌های بیمارستانی، به‌ویژه افرادی که در بخش‌های ICU یا CCU بستری می‌باشند طراحی شده است. NEWS بر اساس یک سیستم امتیازدهی ساده رفتار نموده که در آن مقادیر فیزیولوژیکی مربوط به شخص بیمار امتیازدهی می‌شوند. از سیستم NEWS می‌توان جهت پایش وضعیت بیمارانی که در بیمارستان و یا یک محیط هوشمند مانند خانه‌های هوشمند تحت نظارت قرار گرفته‌اند استفاده نمود. NEWS از شش پارامتر فیزیولوژیک ساده جهت امتیازدهی استفاده می‌نماید که عبارت‌اند از: میزان تنفس، میزان اشباع اکسیژن، درجه حرارت بدن، میزان فشار خون سیستولیک، تعداد پالس و سطح هوشیاری بیمار.

سیستم NEWS به هر یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده یک امتیاز داده تا با سنجش میزان فاصله امتیاز مذکور از امتیاز نرمال مقدار ناهنجاری وضعیت بیمار مشخص شود. سپس این امتیازات جمع شده و امتیاز نهایی محاسبه می‌شود که برحسب آن درباره نیاز و یا عدم نیاز شخص بیمار به اکسیژن تصمیم‌گیری شود. سیستم NEWS و پارامترهای مدنظر آن در حال حاضر به‌طور مرتب در بسیاری از بیمارستان‌ها و مراکز درمانی مورد استفاده قرار گرفته و در نمودار بالینی ثبت می‌شوند. سیستم NEWS به همراه پارامترهای فیزیولوژیکی آن در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

به ترکیب داده‌های حاصل از حسگرهای مختلف برای پیش‌بینی دقیق‌تر خواص و حالات یک سیستم می‌پردازد. از نگاه دیگر، به ترکیب داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف و ربط دادن اطلاعات حاصل شده از شرایط سامانه مورد تحلیل به سمت بهترین تصمیم، تلفیق داده گفته می‌شود. استفاده از روش تلفیق داده‌ها یکی از ضروریات بسیار مهم در افزایش قابلیت اطمینان در کاربردهای مختلف از تصمیمات مدیریتی گرفته تا پایش سلامتی بیماران و عیب‌یابی سیستم‌های مختلف می‌باشد.

با توجه به اینکه شبکه‌های نظارت بر سلامت به دریافت، به تحلیل و استنتاج علائم حیاتی مربوط به بدن بیماران می‌پردازند لذا صحت عملکرد چنین شبکه‌هایی از ضرورت بسیاری برخوردار می‌باشد. به عبارت دیگر اتخاذ تصمیم در مورد بیمار به شکل صحیح منوط به تشخیص وضعیت بیمار به شکل صحیح می‌باشد. لذا با توجه به اهمیت استنتاج صحیح داده‌های مربوطه، رویکرد جاری به ارائه راهکارهایی جهت بهبود استنتاج و صحت تصمیم‌گیری در عملیات تلفیق داده‌های مربوط به شبکه‌های نظارت بر سلامت می‌پردازد.

۲- کارهای پیشین

تلفیق داده یک موضوع با محدوده وسیع بوده و بسیاری از تکنولوژی‌ها از مفاهیم آن به اشکال مختلف استفاده نموده‌اند. بحث تلفیق داده‌ها پیشرفت‌های قابل‌توجه به‌خصوص در سال‌های اخیر به دست آورده است ولی باین‌وجود، تا رسیدن به هدف نهایی آن یعنی انجام استنتاج مشابه مغز انسان هنوز فاصله زیادی دارد. تعدادی از مقالات به‌صورت کلی [۳-۱] و تعدادی نیز به‌صورت خاص [۷-۴] به بررسی تلفیق داده پرداخته‌اند.

در سال‌های اخیر، علاوه بر متدهای تلفیق داده سطح پایین، روش‌های تلفیق داده سطح بالا نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. تعاریف متعددی برای تلفیق داده ارائه شده است از جمله [۸] تلفیق داده را به‌عنوان یک فرآیند چند سطحی تعریف می‌نماید که به‌صورت خودکار به تشخیص وجود داده‌ها و کشف همبستگی آن‌ها و نیز به ترکیب داده‌ها از منابع مختلف جهت نیل به اطلاعات نهایی می‌پردازد. کلین [۹] این تعریف را عمومیت داده و بیان می‌کند داده می‌تواند توسط یک منبع و یا چندین منبع ارائه گردیده و در صورت ارائه توسط چندین منبع عملیات تلفیق بر روی آن صورت پذیرد. همچنین تلفیق داده در محیط‌های مختلفی مانند اینترنت

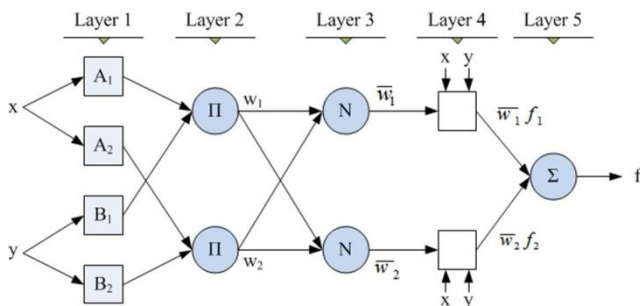
استفاده کنیم خروجی به صورت زیر خواهد بود:

$$f = \frac{w_1 f_1 + w_2 f_2}{w_1 + w_2} = \bar{w}_1 f_1 + \bar{w}_2 f_2 \quad (1)$$

به طوری که:

$$\bar{w}_1 = \frac{w_1}{w_1 + w_2}, \quad \bar{w}_2 = \frac{w_2}{w_1 + w_2}$$

استفاده از شبکه‌های تطبیقی فازی عصبی در تلفیق داده با هدف افزایش قدرت استنتاج صحیح صورت می‌پذیرد. با توجه به اینکه داده‌ها از سوی حسگرهای شبکه‌های نظارت بر سلامت جهت تلفیق داده و اتخاذ تصمیم ارسال می‌گردند لذا استفاده از تکنیک شبکه‌های تطبیقی فازی عصبی می‌تواند به افزایش صحت استنتاج نهایی کمک نماید. ساختار معادل ANFIS به صورت شکل ۲ می‌باشد.



شکل ۲: ساختار شبکه ANFIS [۱۸]

در لایه ۱ ورودی‌ها از توابع عضویت عبور می‌نمایند.

$$O_{1,i} = \mu A_i(x) \quad \text{for } i = 1, 2 \quad (2)$$

یا

$$O_{1,i} = \mu B_{i-2}(x) \quad \text{for } i = 3, 4 \quad (3)$$

$O_{1,i}$ خروجی i امین گره از لایه ۱ می‌باشد. توابع عضویت هر تابع پارامتری مناسبی می‌تواند باشد که در بسیاری از موارد توابع گاوسی انتخاب می‌شوند. مثل تابع زنگی شکل عمومی که به صورت زیر می‌باشد.

$$\mu A(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c_i}{a_i} \right|^{2b_i}} \quad (4)$$

a_i ، b_i و c_i مجموعه پارامترها هستند. پارامترهای این لایه به پارامترهای اولیه معروف هستند. خروجی لایه ۲ ضرب سیگنال‌های ورودی است که در واقع معادل قسمت اگر قوانین هستند.

$$O_{2,i} = w_i = \mu A_i(x) \cdot \mu B_i(y), \quad i = 1, 2 \quad (5)$$

خروجی لایه ۳ نرمالیزه شده لایه قبلی است.

National Early Warning Score (NEWS)							
PHYSIOLOGICAL PARAMETERS	3	2	1	0	1	2	3
Respiration Rate	≤8		9 - 11	12 - 20		21 - 24	≥25
Oxygen Saturations	≤91	92 - 93	94 - 95	≥96			
Any Supplemental Oxygen		Yes		No			
Temperature	≤35.0		35.1 - 36.0	36.1 - 38.0	38.1 - 39.0		≥39.1
Systolic BP	≤90	91 - 100	101 - 110	111 - 219			≥220
Heart Rate	≤40		41 - 50	51 - 90	91 - 110	111 - 130	≥131
Level of Consciousness				A			V, P, or U

شکل ۱: امتیاز هشدار زود هنگام ملی (NEWS) [۱۷]

مقادیر اندازه‌گیری شده با استفاده از NEWS به اعداد صفر تا ۳ نگاشته شده و سپس ارسال می‌گردند. در رویکرد پیشنهادی ابتدا علائم حیاتی با استفاده از سیستم ارزش‌گذاری هشدار اولیه ملی توسط بیوحسگرها مقدارگذاری شده و سپس مقادیر به دست آمده جهت اتخاذ تصمیم به مرکز تلفیق داده یا هماهنگ‌کننده ارسال می‌گردند. هماهنگ‌کننده جهت نیل به درست‌ترین نتایج و انجام بهترین استنتاج از سیستم شبکه‌های تطبیقی فازی عصبی (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System - ANFIS) استفاده می‌نماید.

۳-۲- شبکه‌های تطبیقی فازی عصبی

یکی از تکنیک‌هایی که در راستای استفاده از منطق فازی و شبکه‌های عصبی ارائه گردیده است شبکه‌های تطبیقی فازی عصبی می‌باشد. در این سیستم‌ها تکنیک‌های هوش مصنوعی موجود در منطق فازی و شبکه‌های عصبی درهم آمیخته می‌شود. دلیل انجام این عمل، محدودیت‌ها و نقاط ضعف این بخش‌ها به طور جداگانه می‌باشد. سیستم‌های فازی عصبی متفاوت و متعددی تاکنون توسط نویسندگان ارائه شده است. دسته‌ای از شبکه‌های تطبیقی که از لحاظ وظایف برابر سیستم استنتاج فازی است و آموزش پارامترهای آن از طریق روش آموزش نظارتی صورت می‌پذیرد ANFIS می‌باشند. در واقع ANFIS از مزایای شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی بهره می‌برد. ANFIS یک شبکه تطبیقی پذیر و قابل آموزش است که به لحاظ عملکرد کاملاً مشابه سیستم استنتاج فازی است. برای سادگی کار فرض می‌کنیم که سیستم فازی ما دو ورودی x و y دارد و خروجی آن z است. حال فرض کنید قوانین به صورت زیر باشند:

$$\text{Rule1: If } x \text{ is } A_1 \text{ and } y \text{ is } B_1, \text{ then } f_1 = p_1x + q_1y + r_1$$

$$\text{Rule2: If } x \text{ is } A_2 \text{ and } y \text{ is } B_2, \text{ then } f_2 = p_2x + q_2y + r_2$$

اگر برای غیرفازی‌سازی از غیرفازی‌ساز میانگین مراکز

درباره سیستم ANFIS به شکل زیر می‌باشند:

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2 \quad (6)$$

لایه ۴ به صورت زیر می‌باشد.

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (7)$$

همچنین خروجی لایه ۵ که خروجی کلی سیستم است به

شکل زیر می‌باشد.

$$O_{5,i} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (8)$$

اکنون یک شبکه تولید شده است که معادل سیستم

استنتاج فازی سوگنو می‌باشد.

- 1) ANFIS info:
- 2) Number of nodes: 193
- 3) Number of linear parameters: 405
- 4) Number of nonlinear parameters: 24
- 5) Total number of parameters: 429
- 6) Number of training data pairs: 200
- 7) Number of testing data pairs: 50
- 8) Number of fuzzy rules: 81
- 9) Number of epochs: 200
- 10) Error tolerance = 0.0001

خروجی ANFIS مربوط به ویژگی‌های مربوط به علائم

حیاتی در شکل‌های ۳ الی ۸ نشان داده شده است. مثلاً شکل ۳ نشان‌دهنده خروجی ANFIS مربوط به میزان اکسیژن خون و ضربان قلب می‌باشد. همچنین خروجی‌های ANFIS مربوط به اکسیژن خون و فشار خون، فشار قلب و نرخ تنفس، ضربان قلب و فشار خون، ضربان قلب و نرخ تنفس، فشار خون و نرخ تنفس به ترتیب در شکل‌های ۴ الی ۸ نشان داده شده است. در تمامی شکل‌های مذکور هنگامی که مقادیر یک یا دو ویژگی به سمت عدد ۳ میل می‌کنند مقدار خروجی نیز به سمت عدد ۳ میل می‌نماید که بیانگر وخامت اوضاع بیمار می‌باشد. این امر به این دلیل است که در سیستم NEWS هنگامی که یکی از پارامترها دارای مقدار ۳ باشد آنگاه نتیجه کلی برابر ۳ بوده تا هشدار لازم به مرکز مراقبت صادر گردد.

از طرف دیگر، مقادیر پایین مربوط به هر دو ویژگی باعث حرکت مقدار خروجی به سمت مقدار کم شده که به معنی حال مساعد بیمار می‌باشد. در واقع در صورتی خروجی سیستم NEWS برابر صفر یا ۱ خواهد بود که تمامی پارامترها دارای مقادیر پایین باشند. لذا در شکل‌های ۴ الی ۸ مقادیر کم مربوط به پارامترهای ورودی باعث می‌شود تا خروجی نیز مقداری کم داشته باشد که به منزله حالت نرمال مربوط به علائم حیاتی بیمار تلقی می‌شود.

همچنین خروجی ANFIS بر روی داده‌های آزمایش در شکل ۹ نشان داده شده است. در شکل ۹ مقایسه داده‌های هدف (Target) که با رنگ مشکی نشان داده شده‌اند و داده‌های خروجی (Output) که با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند مشاهده می‌شود که بیانگر نزدیکی این دو مقدار می‌باشد. با توجه به انطباق تقریبی و نزدیک داده‌های هدف و داده‌های خروجی در شکل ۹ این چنین می‌توان استدلال نمود که این امر اثبات‌کننده عملکرد مطلوب سیستم ANFIS در تخمین داده‌های خروجی به شکل صحیح و همچنین شناسایی وضعیت بیمار به صورت صحیح می‌باشد.

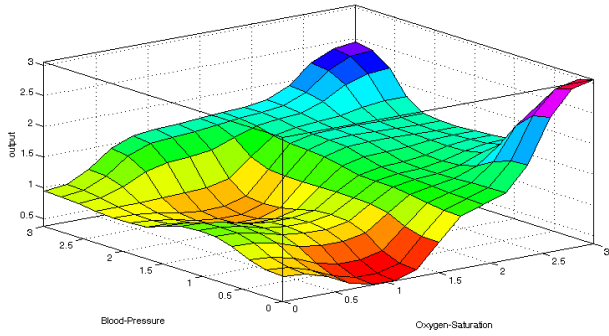
۴- نتایج و ارزیابی

جهت ارزیابی عملکرد رویکرد پیشنهادی، از نرم‌افزار شبیه‌سازی MATLAB استفاده گردید. در رویکرد پیشنهادی از شش حسگر متصل به بدن بیمار استفاده شده که هرکدام چهار مورد از علائم حیاتی بیمار را اندازه‌گیری نموده و به مرکز تلفیق داده ارسال می‌نمایند. علائم حیاتی که مورد سنجش قرار گرفته‌اند عبارت‌اند از: میزان اکسیژن خون (Oxyge Saturation)، تعداد ضربان قلب (Heart Rate)، میزان فشار خون (Blood Pressure) و نرخ تنفس (Respiration Rate). اندازه‌گیری علائم حیاتی مذکور توسط بیوحسگرهای شبکه با استفاده از سیستم NEWS صورت می‌پذیرد. لذا مقادیر اندازه‌گیری شده با استفاده از NEWS به اعداد صفر تا ۳ نگاشته شده و سپس ارسال می‌گردند.

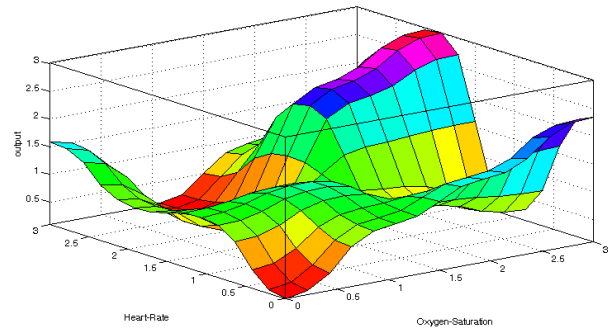
دیتاست استفاده شده در شبیه‌سازی، دیتاست MIMIC بوده که یک دیتاست بین‌المللی و برخط می‌باشد. دیتاست MIMIC شامل علائم حیاتی مربوط به حدود ۰۰۰.۴۰ بیمار می‌باشد. با توجه به اینکه داده‌های موجود در MIMIC داده‌های واقعی مربوط به بیماران می‌باشد لذا در فاز شبیه‌سازی رویکرد پیشنهادی از دیتاست مذکور استفاده گردیده است.

جهت انجام شبیه‌سازی در محیط MATLAB از جعبه‌ابزار و کدنویسی ANFIS استفاده شده است. در همین راستا از تعداد ۲۵۰ داده تولید شده تعداد ۲۰۰ داده جهت آموزش سیستم (Training Data) و تعداد ۵۰ داده جهت آزمایش سیستم (Testing Data) استفاده شده است. همچنین جهت تولید سیستم استنتاج فازی (FIS) از روش Grid Partitioning استفاده شده است. همچنین در فاز آموزش سیستم استنتاج فازی، روش ترکیبی (Hybrid) به عنوان متد بهینه‌سازی (Optimization Method) انتخاب شده است. سایر اطلاعات

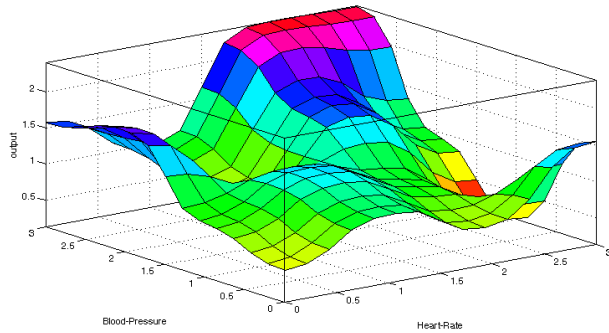
11)



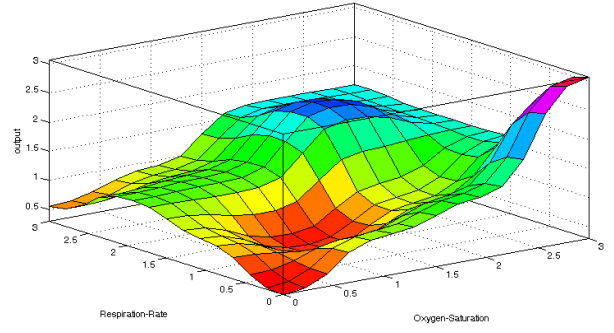
شکل ۴: خروجی ANFIS مربوط به میزان اکسیژن خون - فشار خون



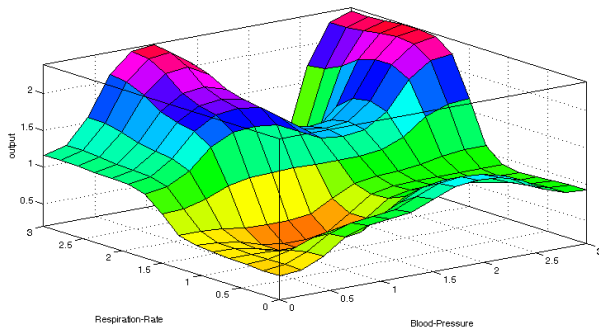
شکل ۳: خروجی ANFIS مربوط به میزان اکسیژن خون - ضربان قلب



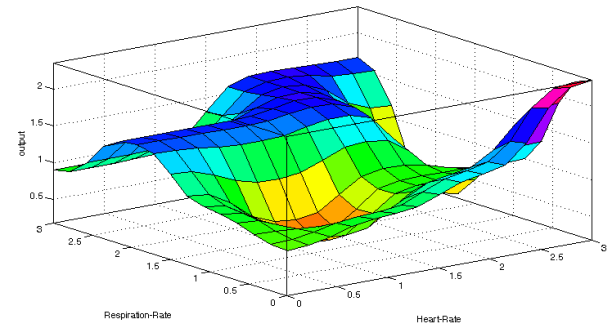
شکل ۶: خروجی ANFIS مربوط به میزان ضربان قلب - فشار خون



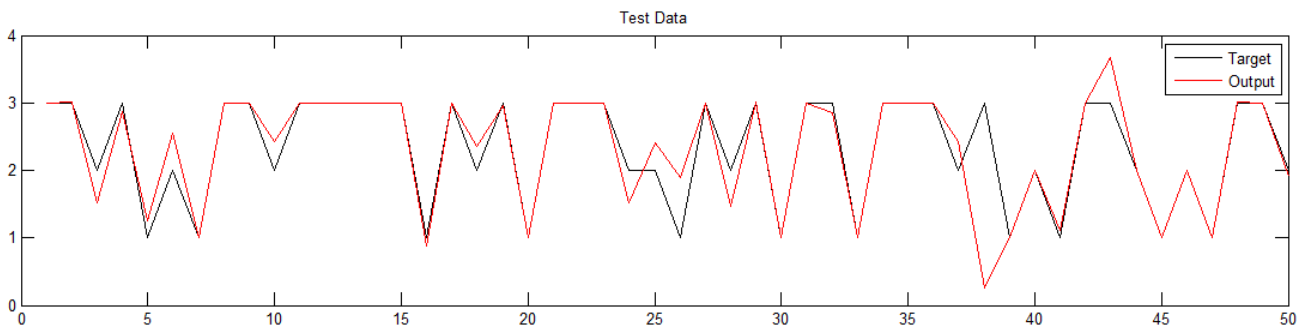
شکل ۵: خروجی ANFIS مربوط به میزان اکسیژن خون - نرخ تنفس



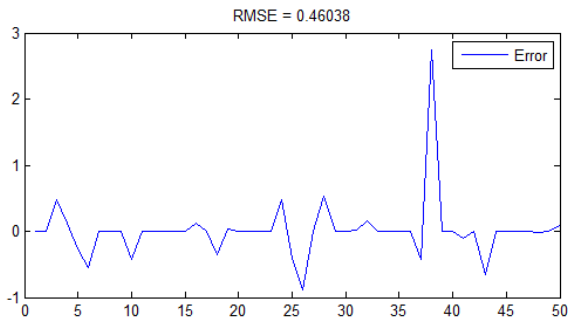
شکل ۸: خروجی ANFIS مربوط به میزان فشار خون - نرخ تنفس



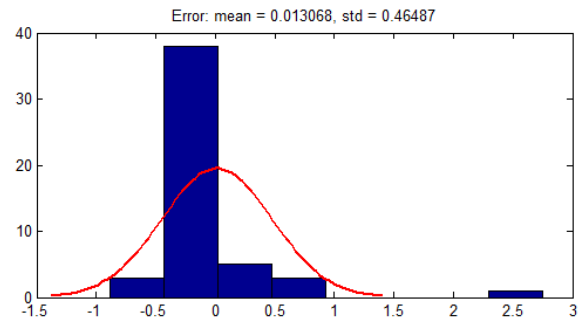
شکل ۷: خروجی ANFIS مربوط به میزان ضربان قلب - نرخ تنفس



شکل ۹: خروجی ANFIS بر روی داده‌های آموزش (مقایسه هدف (Target) و خروجی (Output))



شکل ۱۱: خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)



شکل ۱۰: میانگین (mean) و انحراف معیار (std) مربوط به خطا

state of the art" *Information Fusion Journal*, Vol. 8, No 2, pp. 114–118, 2007.

- [4] I. Corona, G. Giacinto, C. Mazzariello, F. Roli and C. Sansone, "Information fusion for computer security: state of the art and open issues," *Information Fusion Journal*, Vol. 10 No. 4, pp. 274–284, 2009.
- [5] H. Wache, T. Vogele, U. Visser, H. Stuckenschmidt, G. Schuster, H. Neumann and S. Hubner, "Ontology-based integration of information – a survey of existing approaches," in *Proceedings of the IJCAI – Workshop on Ontologies and Information Sharing*, pp. 108–117, 2001.
- [6] G. L. Rogova and V. Nimier, "Reliability in information fusion: literature survey," in *Proceedings of the International Conference on Information Fusion*, pp. 1158–1165, 2004.
- [7] J. T. Yao, V. V. Raghavan and Z. Wu, "Web information fusion: a review of the state of the art," *Information Fusion*, Vol. 9, No 4, pp. 446–449, 2008.
- [8] F. E. White, "Data Fusion Lexicon," *Joint Directors of Laboratories, Technical Panel for C3, Data Fusion Sub-Panel, Naval Ocean Systems Center, San Diego*, 1991.
- [9] L. A. Klein, "Sensor and Data Fusion Concepts and Applications", second edition, *Society of Photo-optical Instrumentation Engineers (SPIE)*, Bellingham, WA, 1999.
- [10] A. Abdelgawad and M. Bayoumi, "Data Fusion in WSN," *In Resource-Aware Data Fusion Algorithms for Wireless Sensor Networks, Lecture Notes in Electrical Engineering Series 118; Springer*, pp. 17–35, 2012.
- [11] L. Li and W. Li, "The analysis of data fusion energy consumption in WSN," *In Proceedings of 2011 International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization (ICSEM)*, pp. 310–313, 2011.
- [12] H. R. Dhasian and P. Balasubramanian, "Survey of data aggregation techniques using soft computing in wireless sensor networks," *Information Security Journal*, Vol. 7, pp. 336–342, 2013.
- [13] H. F. Durrant-Whyte and T.C. Henderson, "Multisensor data fusion," *In Springer Handbook of Robotics, B. Siciliano, O. Khatib, Springer*, pp. 585–610, 2008.
- [14] M. Collotta, G. Pau and G. Scata, "A fuzzy system to reduce power consumption in Wireless Sensor Networks: A comparison between Wireless HART and IEEE 802.15.4," *In Proceedings of 2014 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON)*, pp. 766–771, 2014.
- [15] M. Collotta, A. Messineo, G. Nicolosi, and G. Pau, "A Dynamic Fuzzy Controller to Meet Thermal Comfort by Using Neural Network Forecasted Parameters as the Input," *Energies Journal*, pp. 4727–4756, 2014.
- [16] G. Shafer, "A Mathematical Theory of Evidence," *Princeton University Press, Princeton, NJ, USA*, 1976.
- [17] National Early Warning Score (NEWS), *Royal College of Physicians, London, U.K.*, May 2017. Available: <http://www.rcplondon.ac.uk/resources/national-early-warning-score-news>
- [18] J-S.R. Jang, "ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system", *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 23, No. 3, pp. 665–685, 1993.

بعلاوه میانگین (mean) و انحراف معیار (std) مربوط به خطای مربوط به تخمین خروجی داده‌های آزمایش در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱۰ دیده می‌شود مقدار میانگین خطا برابر ۰,۰۱۳۰ و مقدار انحراف معیار برابر با ۰,۴۶۴ می‌باشد. از سوی دیگر شکل ۱۱ نشان‌دهنده خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) مربوط به خطای مربوط به تخمین خروجی داده‌های آزمایش بوده که مقدار آن برابر با ۰,۴۶۰ می‌باشد. این قضیه نشان می‌دهد که دقت تلفیق داده‌ها برابر با ۹۹,۶٪ می‌باشد که بیانگر موفقیت مرکز تلفیق داده در عملیات تشخیص داده‌ها و همچنین کشف حالت اضطراری بیمار می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

در رویکرد پیشنهادی روشی جهت تشخیص وضعیت بیمار در شبکه‌های حسگر بیسیم بدنی ارائه گردید که در آن ابتدا گره‌های شبکه با استفاده از سیستم ارزش‌گذاری هشدار اولیه ملی (NEWS) اقدام به اندازه‌گیری، نگاشت بر اساس سیستم NEWS و سپس ارسال آن‌ها به مرکز تلفیق داده می‌نمایند. مرکز تلفیق داده جهت اخذ تصمیم‌های صحیح، داده‌های دریافتی از گره‌ها را به یک شبکه تطبیقی فازی عصبی تحویل داده تا بر روی آن‌ها استنتاج صورت گیرد. جهت این کار، ابتدا سیستم ANFIS با استفاده از ۲۰۰ داده آموزش داده شده و سپس جهت ارزیابی عملکرد آن با استفاده از ۵۰ داده مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج شبیه‌سازی‌های انجام‌شده بیانگر دقت ۹۹ درصدی رویکرد پیشنهادی در خصوص تشخیص وضعیت بیمار می‌باشد.

مراجع

- [1] I. Bloch, "Information combination operators for data fusion: a comparative review with classification" *IEEE Transactions on SMC*, pp. 52–67, 1996.
- [2] D. L. Hall and J. Llinas, "An introduction to multisensor fusion" in *proceedings of the IEEE journal*, Vol. 85, No. 1, pp. 6–23. 1997.
- [3] A. A. Goshtasby and S. Nikolov, "Image fusion: advances in the