

ردیابی هدف سطحی با رادارهای ناسازگار به کمک منطق فازی و فیلتر کالمن

چکیده

در این مقاله، روش جدیدی جهت تخمین بهتر هدف توسط رادارهای ناسازگار مبتنی بر منطق فازی برای ترکیب اطلاعات ارائه شده است. در مشاهدات رادارها، نویز تاثیر گذار است. این نویز در حالت ایده آل نویز سفید فرض می شود ولی در عمل به صورت رنگی و یا بایاس دار است. چون تخمین ها در صورتی بهینه می باشند که نویز مشاهده، نویز سفید باشد. برای بهینه کردن مشاهده از ترکیب اطلاعات جهت مشاهده بهینه استفاده شده است. به صورتی که مناسب ترین مشاهده از منطق فازی استخراج و به فیلتر کالمن داده تا تخمین مناسبی از هدف را محاسبه کند. نتایج شبیه سازی نیز نشان می دهد که خطاهای حاصل از ترکیب اطلاعات کمتر از حالت بایاس دار تک رادار می باشد.

واژه های کلیدی: تخمین - ترکیب اطلاعات - فیلتر کالمن - منطق فازی

مقدمه

از ترکیب اطلاعات برای دستیابی به نتایج بهتر نسبت به زمانی که در یک پروسه تنها از یک سنسور استفاده شود و یا چندین سنسور در یک فرآیند به صورت مستقل از هم عمل کنند کاربرد دارد. این روش ترکیب باعث کاهش عدم قطعیت، افزایش قابلیت اطمینان و بهبود مشاهدات می شود. از کاربردهای این روش در زمینه های کنترلی، نظامی، رباتیک، هوافضا و... می توان اشاره کرد. [۱]

در زمینه ترکیب اطلاعات مقالات متعددی برای تخمین اهداف در دهه اخیر منتشر شده است. در بیشتر این مقاله از ترکیب اطلاعات برای بهبود تابع هزینه مورد نظر استفاده شده است. در مقالات متعددی برای انجام ترکیب های مناسب تر از منطق فازی همراه با روش های دیگر استفاده می شود به عنوان مثال در مقاله [۲] از استراتژی فازی و نظریه احتمال با روش های استدلالی جهت تخمین بهتر اهداف از اطلاعات سنسورها استفاده شده است. در مواردی دیگر نیز علاوه بر استفاده از منطق فازی با داشتن اطلاعات از حرکت هدف یا مشخصات رادار سعی در تشخیص بهتر هدف دارند. از این نوع مقالات به مرجع [۳] می توان اشاره کرد که با کمک منطق فازی براساس مشخصات فیزیکی و رفتاری هدف و مشاهدات که از رادارهای مرسوم و چندکاربرده گرفته می شود در جهت تشخیص بهتر هدف استفاده شده است. از مقالات مرتبط دیگر به مقاله [۴] که با استفاده از ترکیب اطلاعات و مدل ساده و دقیق پرواز موشک های بالستیک با ۳ درجه آزادی به پردازش اطلاعات گرفته شده از رادارها پرداخته و موقعیت موشک را با استفاده از فیلتر کالمن توسعه یافته تخمین می زند.

برای تخمین نیز در این گونه مقالات از تخمین های متفاوتی استفاده می شود. مثلا در مقاله [۵] به مبحث ترکیب اطلاعات توسط اطلاعات سنسور

چند گانه برای رهگیری اهداف چند گانه توسط فیلتر $\alpha\beta\gamma$ (فیلتر $G-H-K$) که ساده شده فیلتر کالمن است پرداخته است. در این مقاله برای ترکیب اطلاعات عددی از ایستگاه های چند گانه راداری با روش های فازی برای تخمین هدف استفاده شده است.

در همین راستا می توان به مقاله [۶] که از فیلتر UKF جهت تخمین و ردیابی دقیق هدف با کمک ترکیب اطلاعات استفاده کرده است اشاره کرد. برای این ترکیب نیز از الگوریتم ردیابی برای پیگیری استفاده شده است. یکی دیگر از این روش ها ترکیب تخمین های مستقل برای رسیدن به فیلتر مناسب می باشد که یکی از این مقالات به صورت مقاله [۷] است. در این مقاله برای تخمین از ۳ فیلتر کالمن بهبود یافته برای پیاده سازی فیلتر فدرال استفاده شده است. این فیلتر اندازه و جهت، سرعت و شتاب هدف را تخمین می زند. برای تخمین ارتفاع و زاویه چرخش در محور افقی از دو فیلتر کالمن بهبود یافته استفاده شده است.

در برخی دیگر از مقالات نیز با ترکیب منطق فازی با روش های دیگر برای بهبود عملکرد ترکیب اطلاعات در تخمین مورد استفاده قرار می دهند. از این روش ها می توان به روش $NNFC$ (نزدیکترین طبقه همسایه فازی) که در مقاله [۸] نیز استفاده شده است یا می توان به الگوریتم ترکیب تطبیقی بر اساس سیستم استنتاج تطبیقی فازی عصبی ($ANFIS$) اشاره کرد که در مقاله [۹] نیز از این روش جهت بهبود توانایی ردیابی با ترکیب اطلاعات سیستم های رادار و مادون قرمز، ارائه شده است. علاوه بر موارد تخمین از رادارها و ترکیب اطلاعات برای پردازش تصویر نیز استفاده می شود مثلا در مقاله [۱۰] با استفاده از سنسورهای مختلف همچون سنسور نوری و رادار در پردازش تصویر از پردازش عددی و پردازش فازی استفاده شده است.

در تمام کاربردهای ترکیب اطلاعات سعی بر بیان این نکته است که استفاده از ترکیب اطلاعات باعث بهبود عملکرد در تخمین یا مشاهده نسبت به یک داده تنها می شود ولی توجه به اینکه استفاده غلط از این روش نیز باعث نقص در عملکرد نیز می شود.

در رادارها به سبب اینکه نویزهای موجود در این رادارها سازگار نیستند (شامل نویز سفید نیست) بنابراین تخمین به وسیله این رادارها غیر بهینه می شود برای بهبود در این تخمین ها این مقاله با ترکیب اطلاعات برای بهینه کردن مشاهدات جهت تخمین بهتر هدف استفاده می شود. برای ترکیب اطلاعات از معیارگذاری به وسیله منطق فازی استفاده می شود.

مشاهده رادار و مدل حرکت هدف

برای تخمین هدف در رادار باید ابتدا به بررسی مدل حرکت هدف بپردازیم. حرکت هدف را باید در یکی از دو مختصات قطبی یا کارتزین بررسی شود. در مدل قطبی، موقعیت هدف با دو پارامتر فاصله و زاویه از مرکز مورد نظر (موقعیت رادار) به دست می آید. این دو پارامتر را در شکل (۱) ملاحظه می کنید.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برق کنترل، ۰۹۱۴۱۲۶۱۰۶۸، aadinehahari@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد برق کنترل

۳- دکترای برق کنترل، هیئت علمی موسسه آموزش عالی خراسان

در رابطه (۵)، حالت های مدل حرکت به صورت

$$X(n) = [x(n) \ V_x(n) \ y(n) \ V_y(n)]^T$$
 و ماتریس $U(n)$ ، ورودی
 مدل هدف است که به صورت $[u_x \ u_y]^T$ که برای محورهای x و y به
 صورت مجزا به کار رفته است. در مدل بیزین برای عدم قطعیت ها از مدل
 های احتمالاتی اتفاقی استفاده می شود و $v(n)$ ، $w(n)$ به عنوان
 متغیرهای تصادفی می باشند.
 ماتریس مشاهده رادار به صورت زیر است.

$$Z(n+1) = CX(n) + v \quad (7)$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

در رابطه (۷)، $Z(n+1)$ مشاهده سیستم (رادار)، C ماتریس فضای حالت است
 که به صورت رابطه (۸) می باشد. با توجه به ماتریس C مشاهده می شود که
 رادار مورد استفاده از نوعی است که تنها مختصات هدف را می خواند.

فیلتر کالمن

برای اینکه موقعیت جسم مشخص باشد باید متغیرهای حالت مربوط به آن،
 مانند فاصله، سرعت و شتاب اندازه گیری شوند. اما ممکن است بسیاری از
 سیستم های راداری نتوانند همه این متغیرها را اندازه گیری کنند. فیلتر
 کالمن می تواند فقط با دریافت بعضی از این متغیرها سایر آنها را تخمین
 بزند. [۱۲]

معادلات فیلتر کالمن به صورت رابطه (۹) است. [۱۳]

$$\begin{aligned} \hat{x}[n|n] &= \hat{x}[n|n-1] + K[n](Z_v[n] - C\hat{x}[n|n-1]) \\ M[n] &= P[n|n-1]C^T(R[n] + C P[n|n-1]C^T)^{-1} \quad (9) \\ P[n|n] &= (I - K[n]C)P[n|n-1] \\ \tilde{Z}[n] &= C\hat{x}[n|n] \end{aligned}$$

در روابط (۹)، \hat{x} حالت های سیستم، K بهره کالمن، Z_v مشاهده
 سیستم، A, B, C, G ماتریس های مشخص فضای حالت هدف است. در
 رابطه (۱۰) نیز روابط مربوط به، به روز رسانی زمانی است.

$$\begin{aligned} \hat{x}[n+1|n] &= A\hat{x}[n|n] + Bu[n] \\ P[n+1|n] &= AP[n|n]A^T + GQ[n]G^T \end{aligned} \quad (10)$$

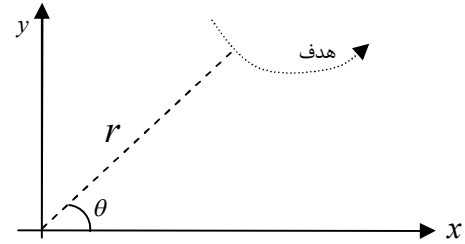
در رابطه (۹) و (۱۰) ماتریس های R و Q مربوط به کواریانس خطا می باشند.
 کواریانس خطای Q از رابطه (۱۱) محاسبه می شود.

$$E(w(n_1)w^T(n_2)) = \begin{cases} Q(n_1) & n_1 = n_2 \\ 0 & n_1 \neq n_2 \end{cases} \quad (11)$$

$w(n)$ متغیر تصادفی سفید با میانگین صفر فرض می شود.

تاثیر نوع متغیر $v(n)$ در تخمین

کواریانس R مربوط به متغیر تصادفی $v(n)$ می باشد. نوع این متغیر در
 تخمین تاثیرگذار است. تخمین کالمن با نویز سفید دارای بهینگی است و در
 صورت تغییر در نوع نویز بهینگی تخمین از بین رفته و نتایج حاصله خطای
 بیشتری پیدا می کند. در این بخش به بررسی ۳ نویز و تاثیر آن در تخمین
 می پردازیم تا تفاوت نویزهای رنگی و بایاس دار را با نویز سفید مقایسه کنیم.



شکل ۱- نمایش عملکرد رادار

در شکل (۱)، r میزان فاصله رادار تا هدف و θ میزان زاویه بین خط فاصل
 رادار و هدف با محور افقی می باشد. برای راحتی موقعیت رادار را در مبدا می
 گیریم بنابراین فاصله هدف تا رادار از معادله (۱) محاسبه می شود. زاویه بین
 خط فاصل رادار و هدف با محور افقی از معادله (۲) محاسبه می شود.

$$r(n) = \sqrt{x(n)^2 + y(n)^2} \quad (1)$$

$$\theta(n) = \tan^{-1}\left(\frac{y(n)}{x(n)}\right) \quad (2)$$

معادلات حالت برای حرکت هدف با مانور را از رابطه مربوط به r و θ حاصل
 می شود.

در این مقاله برای بیان مختصات از دستگاه کارتزین استفاده شده است. برای
 بررسی معادلات حالت حرکت هدف در مختصات کارتزین باید به روابط حاکم
 بر سرعت و شتاب هدف توجه کنیم. با توجه به اینکه مدل هدف در حالت
 گسسته بررسی می شود بنابراین از روابط (۳) که مربوط به معادلات سرعت
 هدف در حالت گسسته می باشد استفاده می کنیم. برای شتاب نیز از رابطه
 (۴) استفاده می کنیم.

$$\frac{x(n+1) - x(n)}{T} = V_x(n) \quad (3)$$

$$\frac{y(n+1) - y(n)}{T} = V_y(n)$$

$$u_x = \frac{V_x(n) - V_x(n-1)}{T} \quad (4)$$

$$u_y = \frac{V_y(n) - V_y(n-1)}{T}$$

در رابطه (۴)، u شتاب هدف در مختصات کارتزین است.

برای نمایش عدم قطعیت ها در شبیه سازی دو مدل بیزین و فیشر وجود دارد.
 مدل بیزین یکی از مهمترین و معمول ترین مدل های عدم قطعیت است. در
 مدل های بیزین عدم قطعیت به شکل متغیرهای تصادفی و یا فرآیندهای
 اتفاقی با توزیع احتمالاتی کاملاً مشخص و یا با گشتاورهای اول و دوم معین
 مدل می شود [۱۱] این مدل با توجه به روابط قبل به صورت زیر است.

$$X(n+1) = AX(n) + BU(n) + GW(n) \quad (5)$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & T & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$B = G = \begin{bmatrix} \frac{T^2}{2} & 0 \\ T & 0 \\ 0 & \frac{T^2}{2} \\ 0 & T \end{bmatrix}$$

در رابطه (۶) ماتریس های فضای حالت رابطه (۵) نمایش داده شده است.

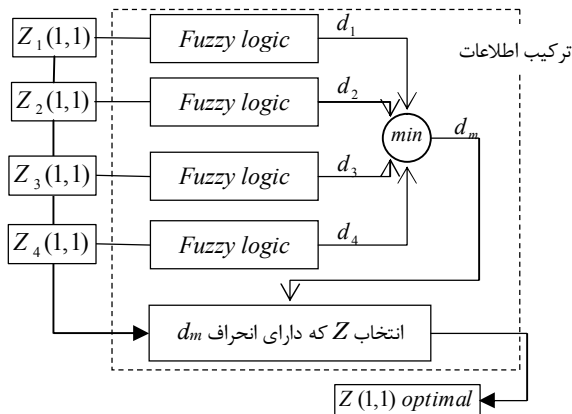
میزان مشاهدات ناشی از $v(n)$ به دلیل تأثیر چندین نویز سفید سبب اعوجاج های شدید می شود. هر چه میزان ضرایب نویزهای سفید افزایش یابد اعوجاجات زیاد شده و گین کالمن کاهش می یابد در صورت کم شدن ضرایب نیز اعوجاجات کاهش و گین کالمن افزایش یافته و به سمت R_{WN} می رود.

ترکیب اطلاعات

سیستم های چند سنسور اهمیت بسیاری در کاربردهای نظامی و غیر نظامی دارد. ترکیب اطلاعات باعث افزایش دقت و کاهش ناسازگاری ها نسبت به اطلاعات تک سنسور است. این روش سعی دارد تا با کاهش ناسازگاری ها باعث ایجاد بهینگی در تابع هزینه شود.

با توجه به تأثیرات نوع نویز و استفاده از نویزهای نوع ۲ و ۳ به عنوان نویز مشاهده در این مقاله، در صورت استفاده از تک رادار برای تخمین، تمام تخمین ها دارای خطای قابل ملاحظه ای می شوند. برای از بین بردن چنین خطاهایی با توجه به موارد گفته شده در بخش قبل، در صورتی که در هر نمونه، مشاهده ای را که به مشاهده بهینه نزدیکتر است انتخاب شود می توان تخمین را به تخمین بهینه نزدیک کرد.

با انتخاب نویزهای ۲ و ۳، مشاهدات هر چه قدر هم که مشاهدات بدی باشند ولی به دلیل تعداد مشاهدات زیاد می توان مشاهده ای نزدیک به آن چه که مطلوب است را پیدا کرد. برای یافتن مشاهده بهینه در هر لحظه معیاری را به عنوان معیار انحراف تعریف می کنیم. این معیار به بررسی مشاهده برای هر نمونه پرداخته سپس وزنی را برای بررسی با مشاهدات دیگر می دهد. این معیار توسط منطق فازی که در بخش بعدی بررسی شده است تعیین می شود. بهترین مشاهده کمترین انحراف را دارد بنابراین هر چه میزان انحراف کم باشد مشاهده بهتر می شود.



شکل ۲- بلوک عملکرد ترکیب اطلاعات برای اولین مشاهده

شکل (۲) ترکیب اطلاعات را برای محور X نشان می دهد برای محور Y نیز چنین طراحی را می توان انجام داد.

برای تخمین به وسیله فیلتر کالمن علاوه بر مشاهدات نیازمند ماتریس کواریانس خطا می باشد. هر کدام از مشاهدات دارای یک ماتریس کواریانسی هستند با انتخاب هر کدام از مشاهدات به عنوان مشاهده بهینه، درآیه قطر مربوط به محور مشاهده مورد انتخاب به عنوان درآیه قطر مربوط به محور مشاهده انجام شده می باشد. به عنوان مثال اگر مشاهده بهینه برای محور X مشاهده Z_2 باشد بنابراین $R(1,1)$ بهینه برابر با $R_2(1,1)$ و برای محور Y مشاهده Z_3 به عنوان مشاهده حاصل از ترکیب اطلاعات باشد بنابراین $R(2,2)$ بهینه برابر با $R_3(2,2)$ می شود. با توجه به اینکه مشاهدات بهینه شده است

۱- متغیر تصادفی $v(n)$ از نوع نویز سفید باشد. اگر $e(n)$ یک نویز سفید با کواریانس λ^2 باشد. متغیر تصادفی $v(n)$ را برابر با $e(n)$ گرفته در نتیجه ماتریس R از رابطه (۱۲) قابل محاسبه است.

$$\begin{aligned} \text{cov}(v(n)) &= E(v(n_1) v^T(n_2)) \\ &= E(e(n_1)e^T(n_2)) = \begin{bmatrix} \lambda_1^2 & 0 \\ 0 & \lambda_2^2 \end{bmatrix} = R_{WN} \end{aligned} \quad (12)$$

۲- متغیر تصادفی $v(n)$ از نوع (نویز سفید + بایاس نامعلوم) باشد. برای این منظور $v(n)$ را به صورت رابطه (۱۳) نمایش می دهیم.

$$v(n) = b + e(n) \quad (13)$$

میانگین $v(n)$ ، مقدار b است که نامشخص می باشد. ماتریس R از رابطه (۱۴) محاسبه می شود.

$$\begin{aligned} \text{cov}(v(n)) &= E((v(n_1) - b)(v(n_2) - b)^T) \\ &= E(e(n_1)e^T(n_2)) = \begin{bmatrix} \lambda_1^2 & 0 \\ 0 & \lambda_2^2 \end{bmatrix} = R_{b+WN} \end{aligned} \quad (14)$$

با توجه به رابطه (۱۲) و رابطه (۱۴) ملاحظه می شود که $R_{WN} = R_{b+WN}$ است. در مقایسه تخمین برای دو نوع مختلف $v(n)$ ، با توجه به معادلات کالمن ملاحظه می شود که در هر دو فیلتر گین های کالمن و ماتریس P یکی می شوند و تنها در یک رابطه به مقدار متفاوتی می رسند. در رابطه (۱۵) مشاهدات به صورت زیر بیان می شود.

$$Z_1(n+1) = Cx(n) + e(n) \quad (15)$$

$$Z_2(n+1) = Cx(n) + b + e(n)$$

مشاهده Z_2 نسبت به مشاهده Z_1 دارای بایاس بوده و در نتیجه در رابطه (۱۶) تأثیر این بایاس در تخمین حالات دیده می شود.

$$\begin{aligned} \hat{x}_1[n|n] &= \hat{x}_1[n|n-1] \\ &+ M[n](Cx(n) + e(n) - C\hat{x}_1[n|n-1]) \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \hat{x}_2[n|n] &= \hat{x}_2[n|n-1] \\ &+ M[n](Cx(n) + b + e(n) - C\hat{x}_1[n|n-1]) \end{aligned}$$

در رابطه (۱۶) ملاحظه می شود که تخمین با نویز بایاس دار سبب بایاس در تخمین حالات می شود. این بایاس سبب افزایش خطا در تخمین خواهد شد.

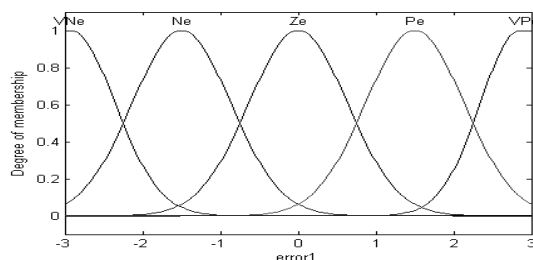
۳- متغیر تصادفی $v(n)$ از نوع نویز رنگی باشد. برای این منظور $v(n)$ را به صورت رابطه (۱۷) نمایش می دهیم.

$$v(n) = \begin{bmatrix} \alpha_1 e_1(n-n_1) + \alpha_2 e_1(n-n_2) + \dots + \alpha_n e_1(n-n_n) \\ \beta_1 e_2(n-n_1) + \beta_2 e_2(n-n_2) + \dots + \beta_n e_2(n-n_n) \end{bmatrix} \quad (17)$$

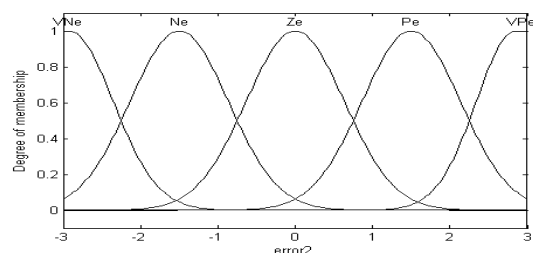
میانگین $v(n)$ ، صفر و ماتریس R از رابطه (۱۸) محاسبه می شود.

$$\begin{aligned} \text{cov}(v(n)) &= E(v(n_1) v^T(n_2)) \\ &= \begin{bmatrix} \lambda_1^2(\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \dots + \alpha_n^2) & 0 \\ 0 & \lambda_2^2(\beta_1^2 + \beta_2^2 + \dots + \beta_n^2) \end{bmatrix} = R_{CN} \end{aligned} \quad (18)$$

در رابطه (۲۰)، Z مشاهده با هر کدام از رادارها و \tilde{Z} تخمین چند راداره است. توابع عضویت ورودی ها به صورت شکل (۵) و (۶) می باشد.

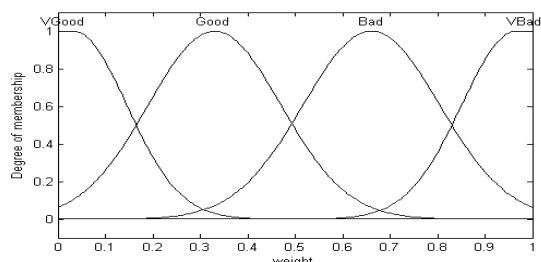


شکل ۵- تابع عضویت برای ورودی error1



شکل ۶- تابع عضویت برای ورودی error2

تابع عضویت خروجی نیز به صورت شکل (۶) می باشد.



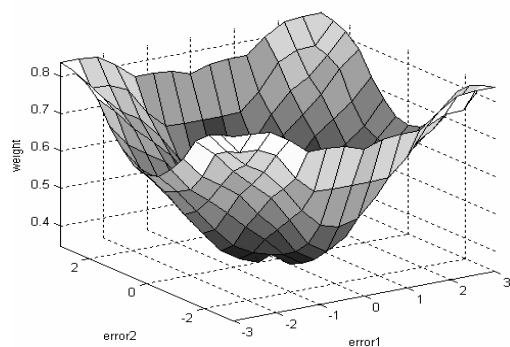
شکل ۷- تابع عضویت برای خروجی

قواند حاکم در این منطق در جدول زیر آمده است.

جدول ۱ - قوانند منطق فازی

	VNe	Ne	Ze	Pe	VPe
VNe	VBad	VBad	VBad	VBad	VBad
Ne	VBad	Bad	Good	Bad	VBad
Ze	Bad	Good	VGood	Good	Bad
Pe	VBad	Bad	Good	Bad	VBad
VPe	VBad	VBad	VBad	VBad	VBad

شکل Surface، منطق فازی به صورت شکل (۷) است.

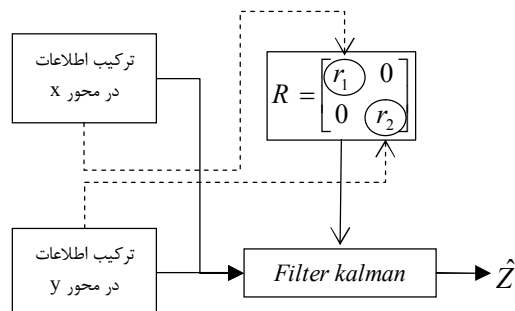


شکل ۸ - Surface منطق فازی

بنابراین باید مقدار R برای تمام مشاهدات به صورت بهینه محاسبه شود. برای نویز بایاس دار طبق بخش قبل $R_{WN} = R_{b+WN}$ که مقداری بهینه می باشد. مقدار R نویز رنگی با مقدار R نویز سفید برابر نیست برای اینکه مقدار R_{CN} بهینه شود باید از ضریب رابطه (۱۹) استفاده کنیم.

$$R_{WN} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\alpha_1^2 + \alpha_2^2 + \dots + \alpha_n^2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\beta_1^2 + \beta_2^2 + \dots + \beta_n^2} \end{bmatrix} R_{CN} \quad (19)$$

با توجه به رابطه (۱۹)، K یک ماتریس می باشد ولی می توان به جای استفاده از ماتریس، ضریبی را که بتواند در رابطه قبل تاثیر گذاشته و مقدار R_{CN} را به مقدار بهینه نزدیک کند استفاده کرد.

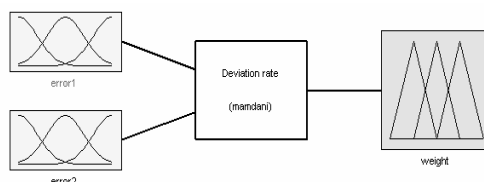


شکل ۳- بلوک عملکرد بعد از ترکیب اطلاعات

شکل (۳) چگونگی تخمین بعد از بلوک های ترکیب اطلاعاتی است. اگر ردار مورد بررسی پارامترهای دیگری از هدف را تخمین بزند به ازاء آن پارامتر یک بلوک ترکیب اطلاعاتی به بلوک های شکل (۳) اضافه می شود. اجزاء داخل بلوک های ترکیب اطلاعاتی در شکل (۲) نمایش داده است.

منطق فازی:

برای استخراج مشاهدات درست از منطق فازی استفاده می شود. در این استدلال مشاهده ای درست است که میزان تغییراتش نسبت به مشاهده قبل و تخمین قبل کم باشد. برای این منطق می توان کنترلی را با دو ورودی برای انحرافات طراحی کرد. خروجی این کنترلر نیز عددی بین ۰ و ۱ است که بیانگر میزان انحرافات است. بهترین مشاهده، مشاهده ای است که میزان انحراف آن ۰ باشد و بدترین مشاهده، مشاهده ای است که میزان انحراف آن ۱ باشد. در شکل (۴) بلوک کنترلی این کنترلر نمایش داده شده است.



شکل ۴- بلوک کنترلر فازی برای تعیین انحراف

این طراحی کنترلر بر اساس روش ممدانی می باشد ولی می توانیم با گذاشتن مقادیر درست برای تابع تبدیل ورودی و خروجی از روش سوگنو نیز برای طراحی استفاده کنیم. ورودی ها این کنترلر از رابطه (۲۰) قابل محاسبه است.

$$\begin{aligned} error1 &= \tilde{z}(i-1) - z(i) \\ error2 &= z(i) - z(i-1) \end{aligned} \quad (20)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\hat{Z}(i) - Z_{Real}(i))^2} \quad (21)$$

برای هر محور به صورت مجزا باید از این رابطه استفاده شود. در رابطه (۲۱)، $\hat{Z}(i)$ تخمین در نمونه i توسط هر کدام از نویزهایست و $Z_{Real}(i)$ موقعیت واقعی هدف در نمونه i می باشد.

جدول ۲ - خطاهای تخمین

محور Y	محور X	نویز رادار
۰,۱۲۲۷	۰,۱۰۰۳	نویز سفید
۱,۰۰۶۳	۱,۰۰۴۰	نویز سفید + بایاس نامعلوم
۰,۲۴۰۶	۰,۲۴۱۷	چند رادار

نتیجه گیری:

همان طور که از شکل های (۹) تا (۱۱) و همین طور جدول ۲ که مربوط به خطاهاست ملاحظه می شود تخمین ما بهتر از حالت نویز بایاس دار و نزدیک به تخمین با نویز سفید است. نتایج شبیه سازی و نتایج میزان خطاها بیانگر این نکته است که روش ما میزان بایاس های موجود در نویزها را به میزان قابل قبول کاهش داده است. پس این روش در صورتی که در رادارهای مورد استفاده، راداری بدون بایاس وجود نداشت یا از سازگاری رادارهایی که استفاده می کنیم اطمینان نداشته باشیم، می توانیم استفاده کنیم تا جواب قابل قبولی حاصل شود.

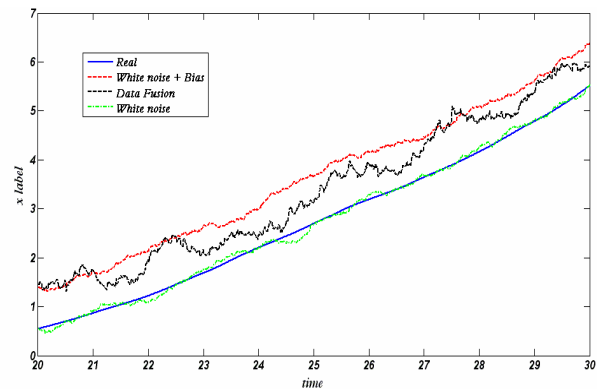
مراجع:

- [1] N. Xiong, P. Svensson, "Multi-sensor management for information fusion : issues and approaches" , *Information Fusion 3 (2002) 163-186* , 2002 Elsevier Science
- [2] J.M.Molina Lopez , F.J.Jimhnez Rodriguez , J.R.Casar Corredra , "Fuzzy Reasoning For Multisensor Management", 1995 IEEE
- [3] Michel Moruzzis and Nathalie Colin , " Radar Target Recognition by Fuzzy Logic " , *IEEE AES Systems Magazine*, July 1998
- [4] Dariusz Janczak , Mirosław Sankowski , "Data fusion for ballistic targets tracking using least squares " , *International Journal of Electronics and Communications (AEÜ)* , 2011 Elsevier
- [5] Sheng Tang, Morgan Hill, "Data Fusion of Multisensor Data", *Fourth International Conference on knowledge Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies*, 30th Aug Sept 2000, Brighton, UK , 2000 IEEE
- [6] Anfu ZHU, Zhanrong JING, Weijun CHEN, Liguang WANG , Yunfei LI , Zhenlin CAO , " Data Fusion of Infrared and Radar for Target Tracking", 2008 IEEE
- [7] Zhu Xinguo, Hong Jie, Cui Wei, " Study on Radar Data Processing Algorithm with Improved Kalman Filter " , *ICIEA 2009 IEEE*
- [8] Xiankang Liu, Meiguo Gao, Xiongjun Fu , "A Nearest Neighbor Fuzzy Classifier for Radar Target Recognition Using Combined Features", *ICSP2006 Proceedings*, 2006 IEEE
- [9] Q. Yuan , C.Y. Dong, Q. Wang , " An adaptive fusion algorithm based on ANFIS for radar/infrared system", *Expert Systems with Applications 36 (2009) 2007 Elsevier*
- [10] C.Dambrat , F.Rolit , S.B.Serpico , A.Wielogorskiz , A.Agostinelli , " Remote Sensing Data Fusion by Means of a Region Over Lapping Technique " , *CH29 71-0/Y 1/0000- 109 1991 IEEE*
- [11] Mohamad Hasan Bahari, Ali Karsaz and Naser Pariz , "High Maneuvering Target Tracking Using a Novel Hybrid Kalman Filter-Fuzzy Logic Architecture" , *Information and*

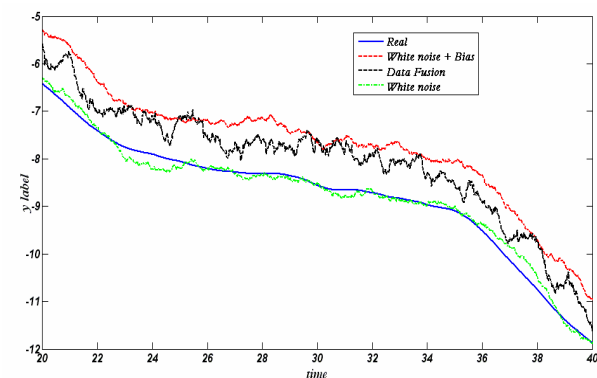
نتایج شبیه سازی:

نتایج شبیه سازی برای تخمین به ازاء ۳ حالت نویز انجام شده است. این نویزها به صورت زیر می باشد.

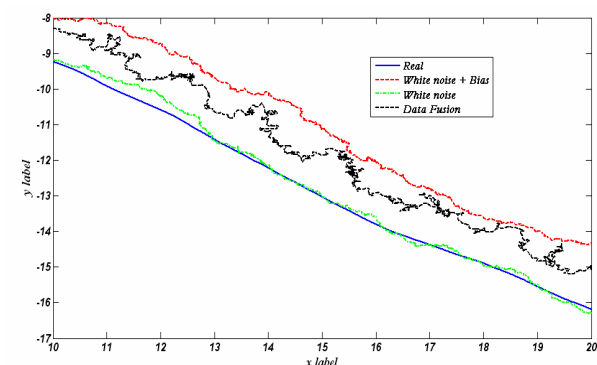
- ۱- نویز سفید
 - ۲- نویز سفید + بایاس نامعلوم
 - ۳- نویز چند رادار که شامل (۲) رادار با نویز سفید + بایاس نامعلوم و راداری با نویز رنگی (
- از تخمین با رادارهای ۱ و ۲ برای مقایسه با تخمین به وسیله ترکیب اطلاعات استفاده شده است.
- در این شبیه سازی مانور هدف کم فرض شده است.



شکل ۹- تغییرات محور X در واحد زمان



شکل ۱۰- تغییرات محور Y در واحد زمان



شکل ۱۱- تغییرات مکانی در محور X و Y

نتایج خطاها:

برای ارزیابی میزان خطای فیلتر از معیار ریشه میانگین مربعات خطا که در رابطه (۲۱) مشخص شده، استفاده شده است.

Control ICIC International Volume 6, Number 5, May 2010, ISSN 1349-4198

[۱۲] صادق فاضل و محمد حسن محمدیان ، " شبیه سازی ، آنالیز خطا و بهینه سازی عملکرد فیلتر کالمن یک نوع رادار ردیاب " ، سیزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران ۱۳۸۴

[13] Grimbale, M.J., Robust Industrial Control: Optimal Design Approach for Polynomial Systems, Prentice Hall, 1994, p. 261 and pp. 443-456.