

导航源可用性管理的模糊神经网络方法研究

徐胜红, 胡志强, 张宗麟

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:对组合导航系统中导航源可用性管理问题应用模糊神经网络方法进行了研究,并以 GNSS 卫星导航系统、TAN 地形辅助导航系统为例作了仿真运算。结果表明:所应用的模糊神经网络方法能根据不同的现实条件对导航源进行有效的实时管理;该方法实时性好、可靠性高,而且具备自适应学习能力,有一定的应用价值。

关键词:组合导航;GNSS;TAN;导航源管理;系统可用性;模糊神经网络

中图分类号:V249.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2002)03-0001-04

组合导航系统一般以惯性导航系统为主系统,以 GNSS 卫星导航、地形辅助导航、多普勒雷达导航等其他导航系统为子系统进行某种形式的组合,以期得到优于单独任一种导航系统的导航性能。组合导航系统中,各系统均有其自身的优缺点及适用范围,同时,系统数目的增多又增加了组合系统的复杂程度和设备的监控难度。要克服这些不足,必须首先解决两个问题:一是系统的故障检测与隔离;二是系统的现实可用性管理。可以认为这些都属于导航源管理问题。本文仅就第二个问题的解决方法作一些研究。

1 影响组合子系统可用性的因素

导航子系统的现实可用性,指该子系统必须在其使用条件下才能输出正确的导航参数。例如:GNSS 在载体高动态条件下会因卫星失锁导致不能输出,而且极易受到干扰;地形辅助系统的使用则受地形条件和载体飞行高度的限制。因而,有必要对各类子系统(导航源)进行管理:在子系统可以有效输出导航参数时,利用该子系统与其他子系统进行组合;在子系统不能输出导航参数时,从组合系统中隔离该子系统,以保证整个组合系统参数输出的有效性。

本文所讨论的用于组合的子系统有:GNSS 卫星导航系统和 TAN 地形辅助导航系统。

1.1 GNSS 卫星导航系统可用性的影响因素

影响卫星导航系统可用性的因素比较多,这里主要考虑两点:一是敌方的主动干扰,二是载体的动态^[1]。

1.1.1 主动干扰

卫星导航系统所输出导航参数的误差随着干扰的增大而增大,最终会导致系统完全不能使用。定义干扰强度 $F_c \in [0, 1]$, 干扰越大, F_c 值也越大。

将 F_c 在 $[0, 1]$ 范围内划分为 6 个论域(如表 1 所示)。当采用三角形隶属度函数时, F_c 值属于这 6 个论域的隶属度 μ_{g_i} 分别如图 1(a) 所示。

表 1 F_c 所划分的论域

L1	L2	L3	L4	L5	L6
$[0, 0.2]$	$[0, 0.4]$	$[0.2, 0.6]$	$[0.4, 0.8]$	$[0.6, 1]$	$[0.8, 1]$

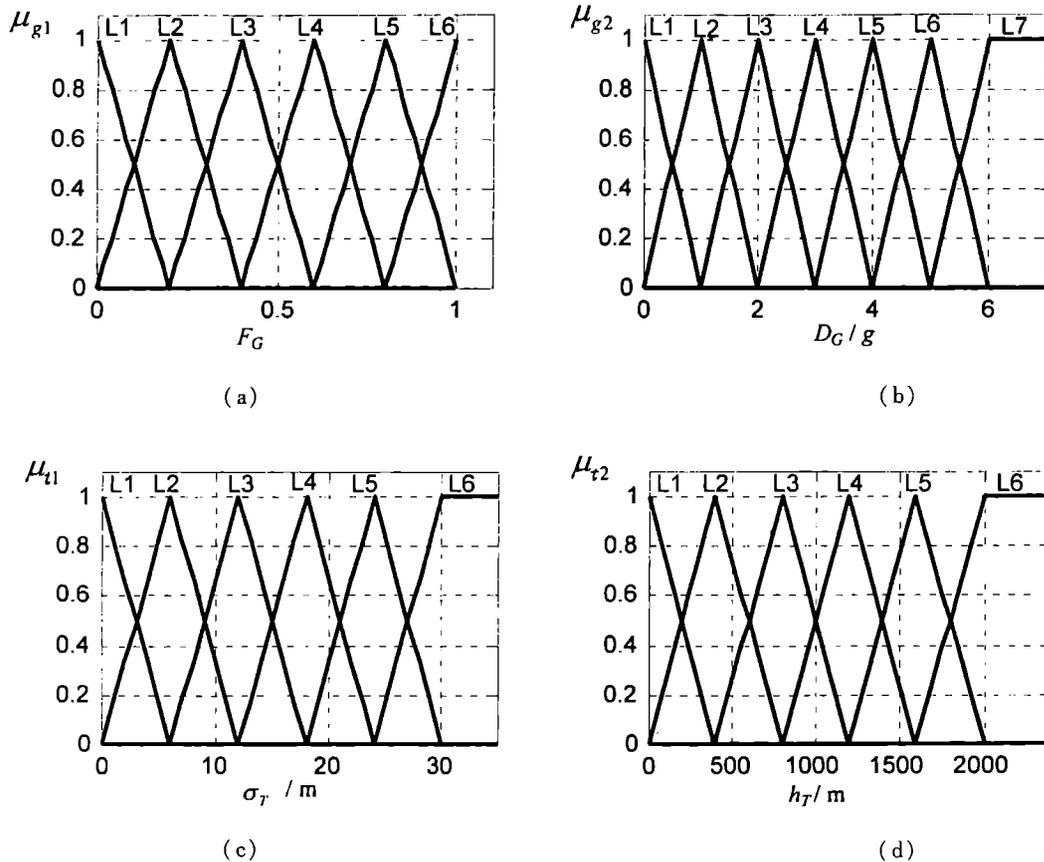


图1 导航源可用参数的隶属度

1.1.2 载体动态

载体的动态由载体加速度计测量值经适当运算所得到的加速度值来度量,表示为 $D_c \in [0, \infty)$, 并将其划分为7个论域,如表2所示。同样采用三角形隶属度函数,则 D_c 值属于这7个论域的隶属度 μ_{g2} 如图1(b)所示。

表2 D_c 所划分的论域

L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
$[0, 1g]$	$[0, 2g]$	$[1g, 3g]$	$[2g, 4g]$	$[3g, 5g]$	$[4g, 6g]$	$[5g, \infty)$

1.2 TAN 地形辅助导航系统可用性的影响因素

影响地形辅助导航系统可用性的因素主要有地形匹配区的地形条件和载体的飞行高度^[1]。

1.2.1 地形条件

地形辅助导航系统的地形匹配精度依赖于匹配区的地形条件。衡量地形条件的指标有多种,这里采用地图局部标准差 σ_T 作为地形条件的评价指标。 $\sigma_T = (\frac{1}{mn-1} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [T(i,j) - m_T]^2)^{1/2}$, 式中, m_T 为地形高度的局部均值, $m_T = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T(i,j)$, $T(i,j)$ 为地形高度值。

地图局部标准差 σ_T 反映了地形高度的离散程度和地形起伏程度。显然, σ_T 越大,该局部地形的可用性(可匹配性)越好。

地图局部标准差 σ_T 反映了地形高度的离散程度和地形起伏程度。显然, σ_T 越大,该局部地形的可用性(可匹配性)越好。

将 σ_T 在 $[0, \infty)$ 范围内划分为6个论域,如表3所示。采用三角形隶属度函数,则 σ_T 值属于这6个论域的隶属度 μ_{t1} 分别如图1(c)所示。

表3 σ_T 所划分的论域

m					
L1	L2	L3	L4	L5	L6
$[0, 6]$	$[0, 12]$	$[6, 18]$	$[12, 24]$	$[18, 30]$	$[24, \infty)$

1.2.2 飞行高度

在地形辅助导航系统中,载体的飞行高度同样影响着地形匹配的精度。这里,飞行高度的讨论范围为 $h_T \in [0, \infty)$ 。同样,将其划分为 6 个论域,如表 4 所示。采用三角形隶属度函数形式,则 h_T 值属于这 6 个论域的隶属度分别如图 1(d) 所示。

表 4 h_T 所划分的论域

L1	L2	L3	L4	L5	L6
[0,400]	[0,800]	[400,1 200]	[800,1 600]	[1 200,2 000]	[1 600,∞)

2 模糊神经网络方法

模糊逻辑方法可以有效处理不确定性、非线性问题,比较适合于表达模糊或定性的概念,但是模糊系统缺乏自学习及自适应能力。神经网络方法具备自适应学习能力,容错能力强。将模糊逻辑方法与神经网络方法相结合,吸取二者的长处,可以组成比单独的神经网络或单独的模糊系统更好的系统。

模糊逻辑与神经网络的结合方式有多种,本文所应用的模糊神经网络方法只是其中的一种。以二输入 (x_1, x_2),单输出 (y) 系统为例,该模糊神经网络方法的系统结构如图 2 所示。图中:

第一层为输入层,直接将输入值传送到下一层。

第二层计算各输入分量属于对应分量各论域的隶属度 μ_i^j 。各隶属度值的运算采用三角形函数。

第三层用来匹配模糊规则,计算每条规则的适用度 $a_j, a_j = \min(\mu_1^j, \mu_2^j)$ 或 $a_j = \mu_1^j \mu_2^j$ 。

第四层则用于实现归一化计算。 $\bar{a}_j = a_j / \sum_{k=1}^m a_k$,其中 m 为该层的结点总数。

第五层实现最后的清晰化计算

$y = \sum_{j=1}^m \omega_j \bar{a}_j$ 。由二次误差函数可以求出该模糊神经网络参数调整的学习算法^[2]为 $\omega_j(k+1) = \omega_j(k) - \beta \frac{\partial E}{\partial \omega_j}, j = 1, 2, \dots, m$, 其中, E 是误差函数, β 为学习率。 β 越大,参数学习调整的速度越快。

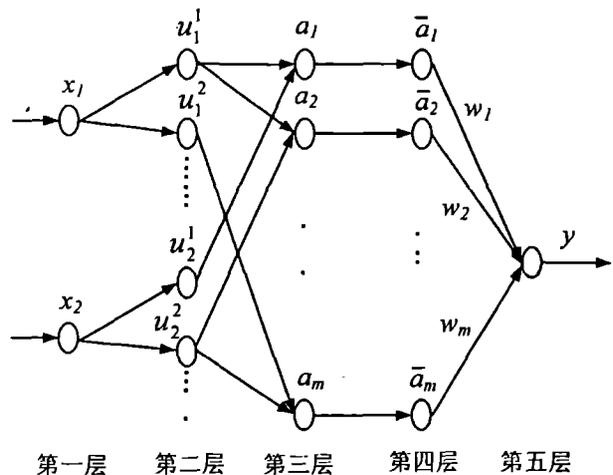


图 2 模糊神经网络的系统结构

3 仿真研究

按上述方法对 1000 s 飞行轨迹进行了仿真,结果见图 3。图 3(a)、图 3(b) 分别为经过模糊神经网络计算后得到的 GNSS 和 TAN 可用性度量值 和 的变化曲线。图 3(c) 和图 3(d) 分别为在整个组合系统中接入和切断 GNSS 和 TAN 导航子系统的曲线“0”表示子系统不可用而切断子系统;“1”表示子系统可用,接入该子系统)。

结果表明,这里的模糊神经网络方法能根据不同的现实条件对 GNSS 和 TAN 进行有效的实时管理。该方法不仅实时性好、可靠性高,而且具备自适应学习的能力,因而适应性强。

4 结论

在组合导航系统所包括的子系统越来越多、越来越复杂的情况下,对导航源实现有效管理显得越来越必要和迫切。本文所实现的应用模糊神经网络的导航源管理方法具备许多优点,具有一定的应用价值,同时又是实现对导航源有效管理的一次有益尝试。

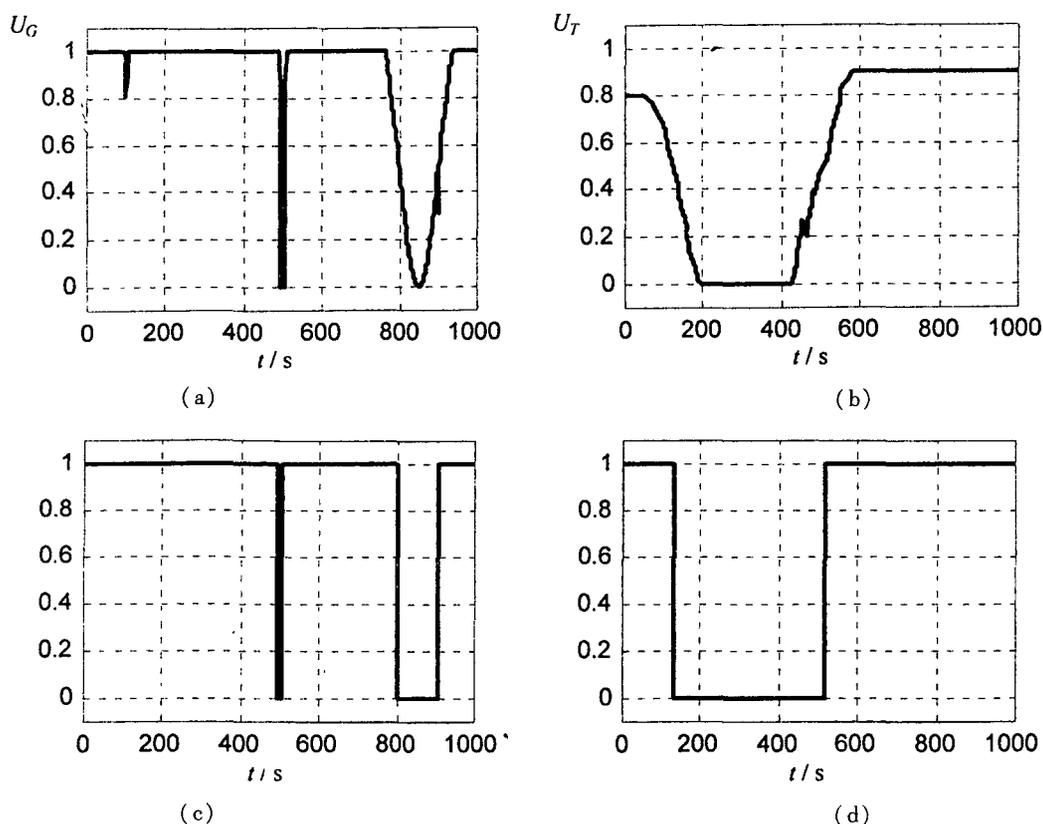


图3 导航源管理仿真结果

参考文献:

- [1] 宋兆虎 宁文如. 导航源智能管理[J]. 中国惯性技术学报, 1998, 6(1):1-5.
- [2] 孙增圻. 智能控制理论与技术[M]. 北京:清华大学出版社, 1997.
- [3] TAKEFUJI Y, LEE K C. An Hysteresis Binary Neuron: A Model Suppressing the Oscillatory Behavior of Neural Dynamics[J]. Biol Cybern, 1991, 64(2):353-356.

(编辑:姚树峰)

Research on Fuzzy Neural Network Method for the Usableness Management of Navigation Sources

XU Sheng-hong, HU Zhi-qiang, ZHANG Zong-lin

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: A fuzzy neural network method is used on the study of the usability management of navigation sources in the integrated navigation system. The result of the simulation made based on GNSS and TAN shows that the fuzzy neural network method can manage the navigation sources effectively according to the reality. The method has many advantages such as good performance of on-line, high reliability, ability for self-adapting and study on-line, and is of particular value in application.

Key words: integrated navigation; GNSS; TAN; management of navigation sources; system usability; fuzzy neural network