

个观测。

3 模型分析

建立数据关联过程的时序有限自动机模型后,可以通过对模型的分析,来评估关联算法的性能。如通过检查模型的一致性和可达性,确定关联算法的完整性和正确性。

3.1 一致性分析

一致性验证问题,即某个真实的目标对应的航迹在关联算法输出的航迹中至少出现一次。由于传感器的漏检、杂波的干扰、关联的方法等各种原因,造成真实目标没有对应的系统输出航迹,目标与航迹之间存在不一致现象,使用目标跟踪系统性能不能达到要求。其中,最主要的就是航迹的遗漏,也就是说,需要检查在TFA描述的所有航迹中,真实目标的航迹集合描述的语言 $L(T)$ 是否至少出现一次。

3.2 可达性分析

可达性问题,即关联算法得到了真实目标的正确航迹。也就是检验一条真实目标轨迹 $\omega \in L(T)$ 是否在自动机中存在一条标记为 $x \in \Sigma^*$ 的路径,使得TFA从初始状态到达终止状态。可达性描述了系统输出航迹的正确性。正确性是指关联算法能正确地将观测和目标进行配对是跟踪系统输出航迹的一个重要特征。一个错误的关联,可能会严重地损害目标航迹和以后的状态估计的准确性,因此关联算法的正确性影响到系统的优劣。构造关联算法的时序有限自动机后,正确性实际上是其对应的TFA在接收到表示为自动串的真实目标轨迹后,从其唯一的初始状态到终止状态的可达性。

定义 3 数据关联的时序有限自动机模型可达性是指若存在一条航迹,可将时序有限自动机的状态从 $(q_0, 0)$ 转换为 (q_n, t) 时,则状态 (q_n, t) 称为从状态 $(q_0, 0)$ 可达。

3.3 性能评估算法

基于以上分析,本文给出相应的性能评估算法。TFA描述的是关联算法得到所有可能的航迹(即输入观测序列)。在此算法中从初始节点对状态转移图进行遍历,将访问过的航迹,根据访问的结果放在不同的集合中, missed_track[] 集合中记录了某些遗漏的航迹; correct_track[] 集合中记录了某些正确的航迹, false_track[] 集合中记录了某些错误的航迹。记录的出错信息可以用来对跟踪系统进一步理解和对关联算法的改进。

一致性和可达性分析算法都是基于自动机的状

态转移图进行广度优先或深度优先搜索过程,其顶点为符号化的状态。在状态空间的搜索过程中存在宽度搜索和深度搜索两种方法。从初始状态开始,在展开状态空间的同时,检测新生成的状态是否满足性质,若满足,则搜索过程结束;否则,继续对新生成的状态展开所有的后继,直到不再生成新的状态为止,整个过程结束。下面根据搜索的方式分析数据关联的TFA模型的算法。

输入: 关联算法的时序有限自动机模型, 目标真实航迹集合 TRACK {w_{id} | id为目标标实};

输出: 正确航迹, 遗漏航迹, 错误航迹集合。

```
Present.Add([q0,0]);
Num= GetTrackSequenceSize();
for(int Index=0; Index<Num; Index++)
    for(int P=0; P<Present.GetSize(); P++)
        TransConnState(ptrConnNode,w); //按照关联
        处理的状态转换函数对连接进行状态迁移
        if(Present.HasstartState())
            then将TRACK wid放入missed_track//此航
            迹没有使得TFA发生状态改变,表明关联算法遗漏
            此目标的航迹;
            if(!HasExist(Trans,Trsifion))
                GetConditionValue(Trsition)
                Trans.Add(Trsition)
            End if
        End for//生成与Present相连的转移Trans
        for(int T=0;T<Trans.GetSize();T++)
            Loca=Trans.GetAt(T).GetConnLoca();
            if(!HasExist(Next, Loca))
                Next.Add(Loca);
            Endif
        End for//生成与转移Trans相连的状态Next
        if(Next.IsEmpty())
            then 将TRACK wid放入false_track//没有路径可
            走,表明关联算法得到的目标航迹有错误,即关联不
            属于本目标的观测;
            Endif
        Present.RemoveAll();
        Trans.RemoveJAll();
        Present=Next;
        End for
        if(Present.HasFinalState())
            将TRACK wid放入correct_track//此航迹使得
            TFA到达了终止状态,航迹被接受,表明关联算法得
```

到了目标id的一条正确航迹;

else

将TRACK w_{id} 放入false_track;

End if

算法对关联算法的到达航迹进行分析后, 通过对missed_track[]、correct_track[]、false_track[]集合中遗漏航迹、正确航迹、错误航迹的统计, 得出目标跟踪系统正确性和完整性的指标, 正确航迹概率用正确航迹数与航迹总数比值来描述, 遗漏航迹概率用遗漏航迹数与目标总数比值来描述。

4 仿真实验

实验的设计为: 模拟的传感器是一个单扫描监视雷达, 在50 km范围内提供二维的位置数据。目标数分别为10批、30批、50批、80批、100批, 扫描每个场景中的目标为30次。雷达采样时间间隔为8 m。每周杂波个数按泊松分布 $\lambda_p=5$ 。观测噪音在横坐标和纵坐标方向, 分别设为 $\sigma_r=0.015$ km和 $\sigma_b=0.005$ 2 km。此外, 目标观测概率为0.90。目标做匀速直线运动, 速度随机在0.1~1 km/s之间, 目标的初始位置均匀地分布在100 km×100 km的区域内。分别用最近邻域法(NN)、概率数据关联算法(PDA)和联合概率互联算法(JPDA)对场景中数据进行关联, 得到的结果用评估算法进行评估。

实验在P4、CPU 3.00 GHz、512 MB内存的Win2000系统下进行, 航迹的长短和目标的数量是影响算法时间消耗的关键因素。表1为算法在不同目标数下的运行时间值。由表1的结果可以看出, 随着目标个数的指数递增, 运行的速度没有呈指数上升, 而是线性上升。

表1 算法在不同目标数下的运行时间

目标数	运行时间/s		
	NN	PDA	JPDA
10	0.52	0.60	0.67
30	1.62	1.84	2.05
50	2.56	2.83	3.14
80	4.12	4.23	4.40
100	5.25	5.36	5.52

图1为正确航迹概率图。从图1可知3种算法得到的航迹都比实际目标数要大, 这是因为存在一些虚假目标或是冗余的航迹, 随着目标密度的增大, 3种

算法得到的正确航迹都有所下降, 但算法JPDA仍取得较好的效果。

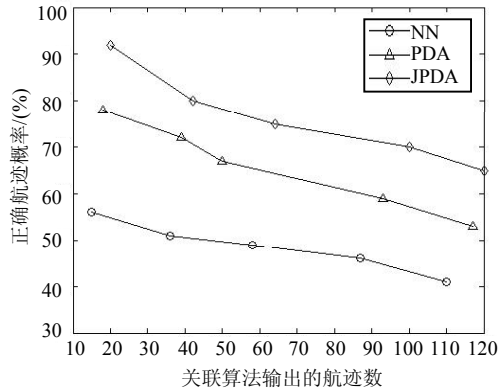


图1 正确航迹概率

图2为遗漏航迹概率图。从图中可知, NN在目标密度大的情况下遗漏了较多的航迹, JPDA也有部分遗漏航迹, 但在可接受的范围。从各个关联算法的性能分析图可以看出3个算法的性能特点: NN在密集目标或杂波干扰环境下, 其错误较多; PDA、JPDA在杂波环境中对多目标跟踪是相对理想的方法。

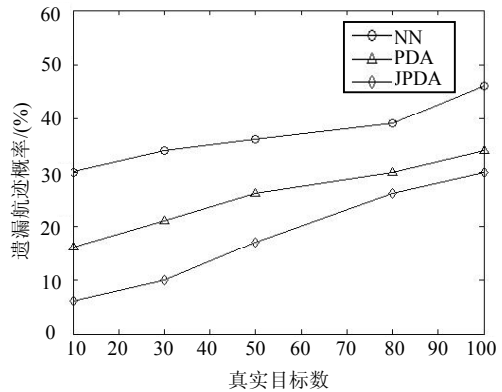


图2 遗漏航迹概率

5 结论

本文提出一种时序有限自动机模型, 来描述目标跟踪系统中的数据关联, 给出了模型的一致性和可达性分析方法。基于该模型所实现的评估算法能够初步地进行数据关联算法的评估, 算法在时间和空间上随着目标的增长而呈线性增长; 在性能分析方面, 得出了相应的性能评价指标, 反映出关联算法的正确性和完整性。下一步的工作是优化数据关联的时序有限自动机模型, 寻求更有效的模型分析方法。

(下转第629页)

明GFCMA算法要优于FCMA算法。

表1 3幅图片的FCMA和GFCMA算法计算结果

图片	类别数	FCMA均方误差	GFCMA均方误差
a	3	12.287 6	12.238 5
b	3	11.816 1	10.472 4
g	3	9.652 3	10.171 8

4 结 束 语

从本文的算法过程可以看出, 当需要处理的问题的样本或样本维数很大时, 适应度函数的计算量变得非常巨大, 导致算法需要花费大量的时间才能收敛到最优值。为减少计算量, 本文中实际计算时, 将遗传算法与模糊C-均值聚类方法结合起来。具体就是初始化群体后, 先对群体中的每个个体应用FCMA迫使其收敛到局部最优, 然后再进行交叉变异操作; 最后再对遗传算法中每一代交叉变异所产生的新个体在可能被加入群体之前也先应用FCMA使之收敛到局部最优。然而尽管作如此的改进, GFCMA算法仍是相当耗时的一项工作。

参 考 文 献

[1] VELTHUIZEN R P, HALL L O, CLARKE L P. Feature extraction for MRI segmentation[J]. Neuro Imaging, 1999, 9(2): 85-90.
 [2] BARRA V, BOIRE J V. Tissue segmentation on MR images of the brain by possibilistic clustering on a 3D wavelet representation[J]. Magn Reson Imag, 2000, (11): 267-278.

[3] SCHROETER P, VESIN J M, LANGENBERGER T, et al. Robust parameter estimation of intensity distribution for brain magnetic resonance images[J]. IEEE Trans Med Imaging, 1998, 17(2): 172-186.
 [4] PHAM D L, PRINCE J L. Adaptive fuzzy segmentation of magnetic resonance images[J]. IEEE Trans Med Imaging, 1999, 18: 737-752.
 [5] 章 晋. 图像分割[M]. 北京: 科学出版社, 2001. ZHANG Jin. Images Segmentation[M]. Beijing: Science Press, 2001.
 [6] 雷英杰, 张善文, 李续武, 等. 遗传算法工具箱及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005. LEI Ying-jie, ZHANG Shan-wen, LI Xu-wu, et al. Genetic algorithm tools & applications[M]. Xi'an: Xidian University Press, 2005.
 [7] WANSCHURE T, COLEY D A, VENNART W, et al. Automat realignment of time-separated MR images by genetic algorithm[J]. Magnersson Imaging, 1999, 17(2): 313-317.
 [8] 周叙国, 邢汉承. 基于遗传模糊C-均值聚类算法的地图分割[J]. 计算机与数字工程, 2005, 33(6): 77-78. ZHOU Xu-guo, XING Han-cheng. Topographic map segmentation based on genetic fuzzy C-means clustering algorithm[J]. Computer & Digital Engineering, 2005, 33(6): 77-78.
 [9] 边肇祺, 张学工. 模式识别[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004. BIAN Zhao-qi, ZHANG Xue-gong. Pattern recognition[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.

编 辑 熊思亮

(上接第609页)

参 考 文 献

[1] DEMING R, PERLOVSKY L. Concurrent multi-target localization, data association, and navigation for a swarm of flying sensors[J]. Information Fusion, 2007, 8(3): 316-330.
 [2] ZHU H. The algorithm and simulations for the asynchronous track-to-track association[C]//Proceedings of the Sixth International Conference on Information Fusion. Washington: IEEE, 2003: 1400-1404.
 [3] OUSSALAH M, SCHUTTER J. Hybrid fuzzy probabilistic data association filter and joint probabilistic data association filter[J]. Information Sciences, 2002, 142(1): 195-226.
 [4] MEGALOOIKONOMOU V, YESHA Y. Space efficient quantization for distributed estimation by a multi-sensor fusion system[J]. Information Fusion, 2004, 5(4): 299-308.
 [5] DRUMMOND E. Performance Metrics for Multiple-Sensor, Multiple -Target Tracking[C]//Signal and Data Processing of Small Targets 2000, Proceedings of SPIE. Atlanta: IEEE, 2000.
 [6] CHANG K, TIAN Z MAP track fusion performance evaluation[C]//Proc Fusion 2002. Washington DC: [s.n.],

2002.
 [7] REID D. Optimising the flow of information within a C3I network[J]. Mathematical and Computer Modelling, 1999, 30(9): 225-243.
 [8] SONG H, Compton K. Rounds SPIN: a model checker for reconfigurable hybrid systems based on SPIN[J]. Electronic Notes in Theoretical Computer Science, 2006, 145(14): 167-183.
 [9] VENEMA Y. Automata and fixed point logic: a coalgebraic perspective[J]. Information and Computation, 2006, 204(4): 637 -678.
 [10] 高 军, 杨冬青. 基于树自动机的XPath在XML数据流上的高效执行[J]. 软件学报, 2005, 16(2): 223-232. GAO Jun, YANG Dong-qing. Tree automata based efficient XPath evaluation over XML data stream[J]. Journal of Software, 2005, 16(2): 223-232.
 [11] DIERKS H. PLC-automata: a new class of implemenTab real-time automata[J]. Theoretical Computer Science, 2001, 253: 61-93.

编 辑 税 红