

基于双波段方位信息融合的单站纯方位跟踪

张 涛,魏贤智,庞春雨,孙 亮
(空军工程大学工程学院,陕西 西安 710038)

摘 要:针对陆地固定观测器单站纯方位跟踪的精度不高、误差大,完全依靠被动的纯方位跟踪无法获得目标的唯一跟踪解这一问题,提出了一种纯方位跟踪信息融合方法。该方法利用方位信息确定目标速度和航向估计的基础上,采用最小二乘估计器,得到目标状态的唯一最小二乘估计,通过融合两组可见光和红外线两个波段的方位信息,综合激光测距仪的距离信息形成唯一跟踪解。仿真结果表明:该方法在信息融合中消除了纯方位跟踪估计偏差,是一个可行的方法。

关键词:纯方位跟踪;最小二乘估计;信息融合;唯一跟踪解

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A

Bearings-only Tracking Based on Double Wave Band Information Fusion

ZHANG Tao, WEI Xian-zhi, PANG Chun-yu, SUN Liang
(The Engineering Collage, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: Generally, the land observer platform is stationary, a single stationary observer's bearings-only tracking (BOT)'s precision is too low and its error is too big. It is impossible to produce a unique track of the target with a completely passive BOT. Whereas this, this paper develops a BOT data fusion method, first develops a solution for the target speeds and heading, after, a BOT, formulated as a least squares (LS) estimator, then produces a unique LS estimate of the target states. The method fuses two sets of bearing readings from visible and infrared sensors, and together with a LRF measurement, produces a unique track. Result from the simulation experiment has corroborated that the method in the data fusion setting has eliminated the bias in the BOT estimator, and it is feasible.

Key words: bearings-only tracking; least squares (LS) estimator; information fusion; unique track

1 引言

近些年为弥补雷达易受电子干扰等不足,被动传感器警戒系统在国际上已迅速发展起来。由于纯方位跟踪系统只能提供目标的方位信息^[1],因此完全依靠被动的纯方位信息无法获得目标的唯一跟踪解。陆地纯方位跟踪观测器必须保持静止被动方式,可以通过可见光和红外线两个传感器获取方位信息,两组方位信息是相互独立的,因此跟踪器可以通过融合两组方位信息来消除单一方位传感器跟踪引起的误差,提高跟踪精度^[2]。

尽管观测器可以机动来解决纯方位跟踪问题,

但也可以在初始时间、任意初始距离条件下通过速度变化率,得到目标航向估计。跟踪器根据任意时刻测量到目标距离以及之前的方位信息得到唯一跟踪解^[3]。这种解决方法需要保存测得距离信息之前所有方位信息,而递归方法则可以不用保存测量的方位信息^[4]。需要指出的是因为需要通过测量距离才得到唯一跟踪解,跟踪方法不是完全被动的,

基金项目:重点基金项目(No. KJ-06085)资助。

作者简介:张 涛(1982-),男,硕士生,主要研究方向为先进火力控制系统理论与运用工程,多源信息融合等。

收稿日期:2008-10-18

不过在测得距离信息之前和之后,仍然可视为纯方位跟踪。针对上述问题,研究一种新的纯方位跟踪信息融合方法获得目标的唯一跟踪解。

2 问题的描述

纯方位跟踪是一个非线性问题^[5-6],可以采用伪线性方法,在笛卡尔坐标中,通过建立线性测量方程和测量矩阵将其问题线性化,这是解决纯方位跟踪问题的一种有效方法。然而该方法会产生有偏估计,例如因为测量矩阵 A_k 的元素与剩余向量 $\tilde{\varepsilon}_k$ 中的元素是相联系的,这种情况下,得到的标准最小二乘估计是有偏的。

引入一个 $n \times 1$ 的向量 b 和矩阵 $R_{m \times n(m>n)}$,与从属变量 g 的关系为:

$$g = Rb + \alpha$$

其中, a 是未知干扰向量; b 的标准最小二乘估计。

$$\hat{b} = (R^T R)^{-1} R^T g$$

将 g 代入 \hat{b} 中,得到:

$$\hat{b} = b + (R^T R)^{-1} R^T \alpha$$

如果 R 和 α 是相关的,则 $E\{\hat{b}\} \neq b$,结果是有偏的。辅助变量估计通过引入辅助变量矩阵消除 Z 偏差,其中 Z 的元素是独立于 α 的。因此:

$$\hat{b} = (Z^T R)^{-1} Z^T g = b + (Z^T R)^{-1} Z^T \alpha$$

$E\{\hat{b}\}$ 无穷接近 b 。辅助变量矩阵必须满足 $(Z^T R)^{-1}$ 存在,且其元素独立于 α ,理想的辅助变量矩阵可以使 \hat{b} 的均方差最小。在纯方位跟踪中,需要真实方位信息,由于该信息是不能得到的,可以应用方位角预测值。本文采用两个方位角传感器测量出互相独立的方位角,将其中一个方位信息作为辅助变量,运行纯方位跟踪器。

单站观测器有两个提供独立方位测量信息的传感器和一台激光测距仪,有两个单独跟踪器。一个跟踪器以可见光信息作为输入,红外信息作为辅助变量。在获得距离信息之前,得不到唯一跟踪解,只能获得航向估计;在激光测距仪提供距离信息后,可以得到唯一跟踪解。另一个跟踪器采用同样的方式,不同的是,红外线信息作为输入,可见光信息作为辅助变量。两个传感器的输出经加权平均后得到目标位置和速度的估计,从而获得唯一跟踪解。

3 最小二乘跟踪器

假设固定观测器位于点 $(0,0)$,采样周期 $T = 1s$,对非机动目标进行观测,得到带有噪声的量测:

$$\beta_i = \bar{\beta}_i + \tilde{e}_i \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (1)$$

其中, \tilde{e}_i 是一个均值为零,协方差为 $E\{e_i e_j\} = \delta_{ij}^2 \sigma_e$ 的高斯分布变量; $\bar{\beta}_i$ 是真实方位,可通过下式计算:

$$\tan \bar{\beta}_i = \frac{x_i}{y_i} = \frac{\sin \bar{\beta}_i}{\cos \bar{\beta}_i} \quad (2)$$

其中, x_i, y_i 是目标在 i 时刻的位置。

将式(1)代入式(2),经简化得:

$$y_i \sin \beta_i - x_i \cos \beta_i = r_i \tan \tilde{e}_i \quad (3)$$

$$r_i = x_i \sin \beta_i + y_i \cos \beta_i \quad (4)$$

方程(3)是纯方位跟踪中的伪线性估计公式,问题是在 l 时刻从式(1)及带噪声的激光测距量 $\bar{P}_l = [\bar{x}_l \quad \bar{y}_l]^T$ 估计出目标状态 $q_i = [v^T : p_i^T]^T$ 。

3.1 航向估计

在 l 时刻距离信息获得之前,纯方位跟踪法不能得到唯一跟踪解^[7]。然而目标速度变化率独立于未知距离,由其反正切值可以得到目标航向估计。通过速度参数化方法可以获得航向估计。

将初始时刻的目标位置坐标 p_0 作为参数。下面是从 v 到 p_0 的参数化推导过程, i 时刻的目标位置坐标为:

$$p_i = iv + p_0 \quad (5)$$

将式(5)代入式(3), $i = 1, 2, \dots, k$, 得到矩阵方程:

$$A_k v = \Theta_k p_0 + \tilde{\varepsilon}_k \quad (6)$$

其中,

$$A_k = \begin{bmatrix} -\cos \beta_1 & \sin \beta_1 \\ -2\cos \beta_2 & 2\sin \beta_2 \\ -3\cos \beta_3 & 3\sin \beta_3 \\ \vdots & \vdots \\ -k\cos \beta_k & k\sin \beta_k \end{bmatrix} \quad (7)$$

为测量矩阵;

$$\Theta_k = \begin{bmatrix} \cos \beta_1 & -\sin \beta_1 \\ \cos \beta_2 & -\sin \beta_2 \\ \cos \beta_3 & -\sin \beta_3 \\ \vdots & \vdots \\ \cos \beta_k & -\sin \beta_k \end{bmatrix} \quad (8)$$

为从属变量矩阵;

$$\tilde{\varepsilon}_k = [e_1 \quad e_2 \quad \dots \quad e_k]^T \quad (9)$$

为剩余向量。最小二乘解为:

$$\hat{v}_k = S_k p_0 \quad (10)$$

$$\text{其中, } S_k = (A_k^T A_k)^{-1} A_k^T \Theta_k \quad (11)$$

因为 p_0 是未知的,式(10)中 \hat{v}_k 用 p_0 参数化。

$$\text{令 } S_k = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \quad (12)$$

其中,元素 s_{ij} 是可得到的,式(10)化为:

$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{x}} \\ \dot{\hat{y}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_{11}x_0 + s_{12}y_0 \\ s_{21}x_0 + s_{22}y_0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

又 $x_0 = y_0 \tan \beta_0$, 将其代入式(13), 消除 y 得:

$$\text{heading} = \tan^{-1} \left\{ \frac{s_{11} \tan \beta_0 + s_{12}}{s_{21} \tan \beta_0 + s_{22}} \right\} \quad (14)$$

当得不到唯一跟踪解时, 航向估计尤为重要, 航向估计可以提供目标的重要信息。例如, 可以从航向推断该目标此时是否对我方有威胁。

3.2 唯一跟踪解

获得目标的航向估计之后, 跟踪器结合激光测距仪测量得到的目标距离信息, 经计算获得唯一跟踪解。假设在时刻激光测距仪测得距离信息, 则:

$$\bar{P}_l = p_l + \tilde{d}_l \quad (15)$$

其中, p_l 是真实位置; $\tilde{d}_l = [d_x \ d_y]^T$ 是测量误差, 将任意 $q_j = [v^T \ p_j^T]^T (j \geq l)$, $\beta_i, i = 1, \dots, j$ 和 \bar{P}_l 联立, 有以下方程组:

$$\frac{x_{j+k}}{y_{j+k}} = \frac{x_j + \dot{x}k}{y_j + \dot{y}k} = \frac{\sin \bar{\beta}_{j+k}}{\cos \bar{\beta}_{j+k}} \quad (16)$$

$$x_l = x_j + \dot{x}(l-j) \quad (17)$$

$$y_l = y_j + \dot{y}(l-j)$$

将式(1)代入式(16), 式(15)代入式(17), 并联系测距之前 $k = 1-i, 2-i, \dots, 0$ 的结果, 得到矩阵方程:

$$\begin{bmatrix} G_j \\ \dots \\ L_j \end{bmatrix} q_j = \begin{bmatrix} n_j \\ \dots \\ p_j \end{bmatrix} + \xi_j \quad (18)$$

其中,

$$G_j = \begin{bmatrix} (1-j) \cos \beta_1 & -(1-j) \sin \beta_1 & \cos \beta_1 & -\sin \beta_1 \\ (2-j) \cos \beta_2 & -(2-j) \cos \beta_2 & \cos \beta_2 & \sin \beta_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cos \beta_j & -\sin \beta_j \end{bmatrix} \quad (19)$$

是一个包含方位测量信息的矩阵,

$$L_j = \begin{bmatrix} l-j & 0 & 1 & 0 \\ 0 & l-j & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

是一个 2×4 的矩阵;

$$n_j = [0 \ \dots \ 0]^T \quad (21)$$

是一个 $j \times 1$ 的所有元素为零的向量;

$$\xi_j = -[\tilde{e}_j \ \vdots \ d_x \ d_y]^T \quad (22)$$

是包含式(9)中剩余向量和激光测距误差的 $(j+2) \times 1$ 的向量。

如果在第 q 次观测时刻 ($j > q > l$) 有另外一个距离测量值 \bar{p}_q , 然后将其合并入式(18), 扩展得:

$$\begin{bmatrix} G_j \\ \dots \\ L_j \\ \dots \\ L_p \end{bmatrix} q_j = \begin{bmatrix} n_j \\ \dots \\ \bar{p}_1 \\ \dots \\ \bar{p}_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \xi_j \\ \dots \\ \xi_q \end{bmatrix} \quad (23)$$

其中:

$$L_q = \begin{bmatrix} q-j & 0 & 1 & 0 \\ 0 & q-j & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$\xi_q = [q_x \ q_y]^T \quad (25)$$

是 \bar{p}_q 的测量误差。式(18)的最小二乘估计为:

$$\hat{q}_j = [G_j^T G_j + L_j^T L_j]^{-1} L_j^T \bar{p}_l \quad (26)$$

因为激光测距仪测得位置信息的时间是未知的, 且 j 不是常数, 式(26)需要批处理计算, 然而经过修正可以使式(26)矩阵计算递归, 而不需要保存 β_i 。令:

$$G_j = B_j + jC_j \quad (27)$$

其中:

$$B_j = \begin{bmatrix} \cos \beta_1 & -\sin \beta_1 & \cos \beta_1 & -\sin \beta_1 \\ 2 \cos \beta_2 & -2 \sin \beta_2 & \cos \beta_2 & \sin \beta_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ j \cos \beta_j & -j \sin \beta_j & \cos \beta_j & \sin \beta_j \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$C_j = \begin{bmatrix} -\cos \beta_1 & \sin \beta_1 & 0 & 0 \\ -\cos \beta_2 & \sin \beta_2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\cos \beta_j & \sin \beta_j & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (29)$$

那么:

$$\begin{aligned} G_j^T G_j &= [B_j + jC_j]^T [B_j + jC_j] \\ &= B_j^T B_j + jB_j^T C_j + jC_j^T B_j + j^2 C_j^T C_j \end{aligned} \quad (30)$$

\hat{q}_j 的协方差为:

$$E_j = E \{ (\hat{q}_j - q_j) (\hat{q}_j - q_j)^T \} \quad (31)$$

为了估计式(31)的值, 将式(18)代入式(26)和式(31)得:

$$E_j = E \{ (\psi_j^T \psi_j)^{-1} \psi_j \xi_j \xi_j^T \psi_j (\psi_j^T \psi_j)^{-1} \} \quad (32)$$

其中, 矩阵

$$\psi_j = [G_j \ \dots \ L_j]^T \quad (33)$$

E_j 的元素是 iT 时刻目标距离 r_i , $E \{ e_i^2 \}$ 和 $E \{ dx^2 \} = E \{ dy^2 \} = \sigma_r^2$ 的函数。 q_j 的加权最小二乘估计误差比 \hat{q}_j 更小, 即:

$$\hat{q}_j = (\psi_j^T E_j^{-1} \psi_j)^{-1} \psi_j^T E_j^{-1} \begin{bmatrix} n_j \\ \dots \\ \bar{p}_l \end{bmatrix} \quad (34)$$

直观上, E_j^{-1} 的元素是和 r_i^2 成反比的, 即距离越短对应方位测量的权值越大。由于在陆地上跟踪时间是短暂的, 在此期间距离是可看作相对不变的。

4 双波段方位信息融合

两个独立的跟踪器可以通过对可见光和红外线传感器得到的方位信息进行融合, 来消除误差提高估计精度^[2]。一个跟踪器以可见光信息作为输入, 红外信息作为辅助变量, 另外一个跟踪器采用相同的方式, 输入和辅助变量交换。

由于量测 β_i 和剩余向量 $\tilde{\epsilon}_k = [e_1 \ e_2 \ \dots \ e_k]^T$ 是相关的, 因此伪线性估计是有偏的^[9]。

将式(18)代入式(27)得:

$$\hat{q}_j = q_j - (\psi_j^T \psi_j)^{-1} \psi_j^T \xi_j \quad (35)$$

其中, ψ_j 和 ξ_j 的元素都包含带噪声的方位角 β_j , 则:

$$E\{(\psi_j^T \psi_j)^{-1} \psi_j^T \xi_j\} \neq 0 \quad (36)$$

因此 $E\{\hat{q}_j\} \neq q_j$, \hat{q}_j 是有偏的。

为了消除该偏差, 考虑辅助变量估计:^[9]

$$\tilde{q}_j = (Z_j^T \psi_j)^{-1} Z_j^T \begin{bmatrix} n_j \\ \dots \\ \bar{p}_l \end{bmatrix} \quad (37)$$

式中, Z_j 是辅助变量矩阵, 理论上 Z_j 就是 ψ_j , 其中所有噪声方位 β_i 被无噪声方位 $\bar{\beta}_i$ 取代, 则:

$$E\{(Z_j^T \psi_j)^{-1} Z_j^T \xi_j\} = 0 \quad (38)$$

\tilde{q}_j 将是无偏的。文献[9]是基于过去的测量值从方位预测中得到辅助变量。

两个跟踪器互换方位信息作为辅助变量估计 v 和 q_i 。因此, 可见光跟踪器矩阵包含来自红外线传感器的 β_i , 红外线跟踪器 Z_j 矩阵包含来自可见光传感器的 β_i 。最后的估计是来自两个跟踪器估计值的加权平均值。

图1为信息融合方法的方框图, 来自两个传感器的方位测量信息加权平均值作为单个跟踪器的输入。令 β_v 和 β_{ir} 分别是可见光和红外方位测量信息, 标准差分别为 σ_v 和 σ_{ir} , 加权平均值为 $(\beta_v/\sigma_v) + (\beta_{ir}/\sigma_{ir})(1/\sigma_v + 1/\sigma_{ir})^{-1}$ 。

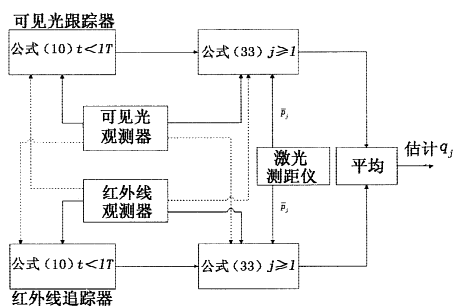


图1 分散化信息融合

5 仿真分析

为验证上述理论和信息融合的有效性, 对模拟匀速运动的目标进行仿真实验, 并将信息融合后的跟踪结果与单传感器跟踪结果相比较。仿真中假设观测器固定在(0,0)点, 目标做匀速运动, 初始位置是 $x_0 = -150m, y_0 = 1500m$, 速度为 $\dot{x} = 10m/s, \dot{y} = 0m/s$, 采样时间 $T = 1/30s$, 最接近点在 $t = 15s$, 方位误差为 $\sigma_e^2 = 0.000003046rad^2, \sigma_R^2 = 4m^2, t_l = 5s$ 时激光测距仪测得位置信息。经过 250 次蒙特卡罗计算, 在真实的方位信息上增加独立的方差为 σ_e^2 的零均值高斯白噪声, 因而可见光和红外线方位测量值有相同的 σ_e^2 。通过计算 l 时刻测得的 \bar{R}_l , 得到 $x-y$ 的位置测量值。

$$\begin{aligned} \bar{p}_l &= [\bar{x}_l \ \bar{y}_l] \\ \bar{x}_l &= \bar{R}_l \cos \bar{\beta}_l \\ \bar{y}_l &= \bar{R}_l \sin \bar{\beta}_l \end{aligned} \quad (39)$$

令 \bar{R}_l 的方差为 $\sigma_R^2 = 4m^2$, 则位置误差为:

$$\begin{aligned} E\{d_x^2\} &\approx \sigma_R^2 \cos^2 \bar{\beta}_l \sigma_e^2 \sin^2 \bar{\beta}_l \\ E\{d_y^2\} &\approx \sigma_R^2 \sin^2 \bar{\beta}_l \sigma_e^2 \cos^2 \bar{\beta}_l \end{aligned} \quad (40)$$

其中, R_l 和 $\bar{\beta}_l$ 是 lT 时刻的真实距离和方位; dx 和 dy 为方差为 $4m^2$ 的白噪声分布。

图1方法为每个 $j \geq l$ 给出了 q_j 的估计值。在每个 j 解 x_j 的均方差(RMSE)为:

$$RMSE(x_j) = \left[\frac{\sum_{k=1}^{250} (\hat{x}_j(k) - x_j)^2}{250} \right]^{1/2} \quad (41)$$

其中, $\hat{x}_j(k)$ 是第 k 次蒙特卡罗仿真中的 x_j 估计值。仿真结果如图2、图3所示, 为了验证两个跟踪器输出的平均值可以得到更优的结果, 同时画出了融合后的均方差和仅可见光跟踪器的均方差(RMSE)。红外跟踪器的结果也是相似的。均方差(RMSE)和克拉默-罗下界(CRLB)与时间的关系图如图2所示。

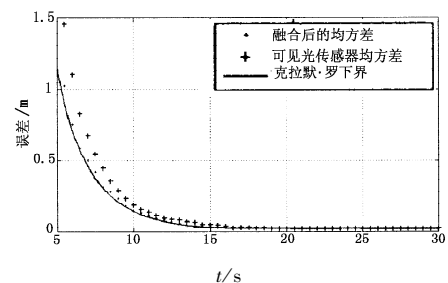


图2 \hat{x}_j 的均方差与时间关系图

图2和图3给出了从 $t = 5s$ 到 $30s$ 的 \hat{x}_j 和 x_j 的跟踪结果。从结果可以看出: 跟踪器以单一可见光传感器得到的方位信息作为输入时, 其结果的均方

差比采用信息融合结果的均方差大,可以看到信息融合方法的有效性,可以生成接近或等于克拉默-罗下界(CRLB)的最优跟踪,因此采用信息融合方法得到的唯一跟踪解更加精确。

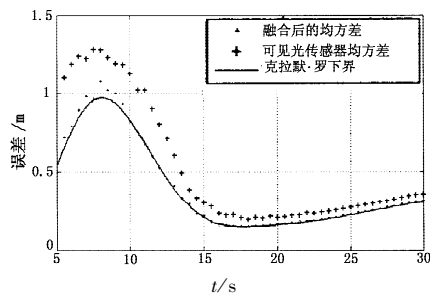


图3 x_j 的均方差与时间关系图

6 结论

本文针对陆地跟踪器完全依靠被动的纯方位跟踪无法获得目标的唯一跟踪解的问题,研究了一种纯方位跟踪方法,通过融合双波段传感器测量的两组方位信息,综合距离信息生成目标的唯一跟踪解。在信息融合中,单一传感器的方位信息作为输入,另一传感器的方位信息作为辅助变量进行加权平均,计算是简单递归的。在仿真实验中接近或达到了克拉默-罗下界(CRLB),说明这个方法是有效地。

参考文献:

[1] 李晨,韩崇昭,娄越. 纯方位跟踪问题研究及算法性能[J]. 火力与指挥控制,2007,7:4-7.

- [2] 康健,司锡才. 被动定位跟踪中的非线性滤波技术[J]. 系统工程与电子技术,2004,26(2):160-162.
- [3] Brown, R G, Hwang, P Y C. Introduction to random signals and applied Kalman filtering [M]. New York: Wiley, 1997.
- [4] Arulampalam M S, Maskell S, Gordon N, et al. A tutorial on particle filters for on-line non-linear/non-gaussian bayesian tracking [J]. IEEE Transactions of Signal Processing, 2002, 50(2):174-188.
- [5] Rao S K. Pseudo-linear estimator for bearings-only passive target tracking [J]. IEE Proceedings-Radar, Sonar and Navigation, 2001, 148(1):16-22.
- [6] 薛锋,刘健,刘忠. 一种纯方位跟踪中的在线式伪线性算法[J]. 海军工程大学学报,2006(6):13-17.
- [7] Rosenquist, P A. Passive Doppler-bearing tracking using a pseudo-linear estimator [J]. IEEE Journal of Ocean Engineering, 1995, 4:114-118.
- [8] Chan Y T, Rudnicki, S. Bearings-only and Doppler bearing tracking using instrumental variables [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1992, 10:1076-1083.
- [9] 黄波,刘忠. 静止单站纯方位目标参数的仿真计算[J]. 海军工程大学学报,2002,14(6):67-70.
- [10] 孙庆有,屈亚丽. 纯方位跟踪中的螺旋运动机动方式与系统的可测性[J]. 光电与控制,2007,12:22-25.
- [11] 何友,王国宏,彭应宁,等. 多传感器信息融合及应用[M]. 北京:电子工业出版社,2007.

国家出台推动产业技术创新战略联盟构建的指导意见

为深入贯彻落实党的十七大和全国科技大会精神,实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》,2008年12月由科学技术部、财政部、教育部、国务院国资委、中华全国总工会、国家开发银行联合下发了《关于推动产业技术创新战略联盟构建的指导意见》。

构建产业技术创新战略联盟必须以国家战略产业和区域支柱产业的技术创新需求为导向,以形成产业核心竞争力为目标,围绕产业技术创新链,运用市场机制集聚创新资源,实现产学研战略层面有效结合,共同突破产业发展的技术瓶颈。推动构建产业联盟必须遵循市场经济规则、体现国家战略目标、满足产业发展需求、发挥政府引导作用四个基本原则。产业联盟的主要任务包括组织产学研开展技术合作,突破产业发展核心技术,建立公共技术平台,实现创新资源的有效整合和共享,推进科技成果的转化和产业化,联合培养人才,为产业持续创新提供人才支撑。文件要求产业联盟必须是由企业、大学和科研机构等多个独立法人组成,相互间须签订具有法律约束力的联盟协议,设立决策、咨询和执行等组织机构,建立有效的决策与执行机制,明确对外承担责任的主体,对联盟经费、利益保障应建立相应的管理制度和开放发展的机制。

指导意见鼓励开展构建产业联盟试点工作,鼓励行业协会发挥推动构建本行业产业联盟,要求各地方应重视区域性产业联盟的建设。通过构建产业联盟就是要建立以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系。

(本刊通讯员)