

有交易费的未定权益无套利公平定价

许世蒙¹, 张玉忠²

(1. 装甲兵工程学院 数学室, 北京 100072; 2. 曲阜师范大学 运筹研究所, 山东曲阜 273165)

摘要: 讨论了有交易费市场模型下未定权益无套利公平定价问题. 首先, 提出了资产折算函数. 其次, 基于资产折算函数并利用辅助鞅方法, 给出了在有交易市场模型下套利机会的定义和无套利分析的一些结果的讨论. 第三, 借助微分方程和价值函数的方式, 给出了有交易费市场模型下未定权益无套利公平价的定义. 最后, 利用随机分析和无套利分析的理论, 给出了有交易费市场模型下未定权益的上、下无套利公平定价形式. 这样, 即可以给出有交易费市场模型下未定权益无套利公平定价区, 同时, 还给出了在风险资产不参与交易下, 一种特殊的未定权益无套利公平定价公式.

关键词: 套利机会; 资产折算; 未定权益; 公平价

中图分类号: O211.63 **文献标识码:** A

No-arbitrage fair pricing of contingent claims under transaction costs

XU Shi-meng¹, ZHANG Yu-zhong²

(1. Mathematics Section, Armored Force Engineering Institute, Beijing 100072, China;

2. Institute of Operations Research, Qufu Normal University, Qufu Shandong 273165, China)

Abstract: A reasonable fair pricing of the contingent claims was discussed for the given market model under transaction costs. First, the discount asset function on the model was put forward. Then based on the discount asset function, the definition of arbitrage opportunities was introduced for the given market model under transaction costs, and some results about the arbitrage-free analysis were given by using the methods of auxiliary martingales and the discount asset function. By using the fashions of differential equation and the value functions of the assets, the definition of arbitrage-free fair pricing of the contingent claims was given under the market model. Finally, by means of the theories of the stochastic analysis and the arbitrage-free analysis, the super arbitrage-free fair pricing and inferior arbitrage-free fair pricing of the contingent claims were given for the given market model. Thus, the arbitrage-free fair pricing interval of the contingent claims was appropriately given for the given market model under transaction costs. At the same time, a special arbitrage-free fair pricing formula was also given while the risk assets were not traded under the given market model.

Key words: arbitrage opportunity; discount asset; contingent claims; fair pricing

1 引言 (Introduction)

在有交易费市场模型假设下讨论未定权益的套期保值定价及相关问题, 近几年已有一些可观的结果^[1~6]. 实际上, 有鉴于市场的复杂多样性, 还可以提出其他类型的未定权益定价问题, 如可讨论未定权益的公平定价^[6] (又称公平价, Fair pricing) 问题. 从现有文献来看, 未定权益的公平定价是一个还没有得到较深入开发的问题, 已有结果基本上是针对无交易费市场模型和单一风险资产模型^[6], 这与实际的金融背景还有相当的距离, 而且, 在其问题的基本提法上也不尽一致, 其中即便是对无交易费市场

情形深入一些的讨论也还是比较少见的. 一般认为^[6~10], 公平价在某种合理的约束条件下, 实现计算和实用意义较好的一种定价方式, 自然也需要较好理论基础. 依本文作者的观点, 可看成是未定权益定价的另一种表达形式, 其定义方式应体现出某种意义下投资策略优化的特征, 同时应与其他, 如套期保值定价等, 既有一定的关联, 还要有所不同, 其不同点的突出之处是应能为未定权益定价和实用计算另辟较便利的途径. 本文所引入的公平定价虽从形式上源于文献[3]所提到的, Davis H. M. 在 1994 年给出的单一风险资产且无交易费市场模型下的无

套利公平定价,但在其内容上,是基于有交易费市场模型下的无套利分析^[7~13]来讨论未定权益公平价问题的,其中所涉及的有交易费市场模型下套期保值未定权益的公平定价问题,在目前文献中还未出现过.本文所给出的公平价讨论及结果的特点是,一方面可以与套期保值定价建立一种较为自然的联系,即从基于无套利分析,从套期保值的投资组合角度考察公平价问题;另一方面可以体现公平价的主要精神,即是在未定权益定价的某种优化意义下,决定出某个限定定价区间,亦即可取这个无套利定价区间^[11]内的一个点作为公平价.而从实用的观点来看,除提出了未定权益定价的特殊视角外,这种公平价的方法较其他一些理论的未定权益定价方法更便于计算实现.

2 模型和引理(Model and lemmas)

考虑 d 种股票和 1 种债券交易并带交易费的市场,假定仅是债券和股票之间可交易,交易费率 $0 \leq \mu, \lambda \leq 1$ 为常数,资产无限可分,交易时间区域为 $[0, T], T \in (0, \infty)$. $F = (F_t, 0 \leq t \leq T)$ 是完备化概率空间 (Ω, F, P) 上一族自然生成的上升子 σ 域,满足所谓的通常条件^[14]. $W(t) = (W_1(t), W_2(t), \dots, W_d(t))^T$ 是 d 维标准布朗运动.假定债券利率 $r(t)$ F 循序可测的和非负一致有界,股票价格的增值率系数和波动系数 $b_i(t), \sigma_{ij}(t)$ 均为一致有界且 F 循序可测的,并存在正常数使得 $a_1 < \|\sigma(t)\| < a_2$, 记 $\|\sigma(t)\|^2 = \sum_{i,j=1}^d \sigma_{ij}^2(t)$. 投资者的投资策略记为 $(L, M) = (L_1(t), M_1(t), \dots, L_d(t), M_d(t)), 0 \leq t \leq T$, 为左连续非减的 F 适应过程, $L_i(0) = M_i(0) = 0, i = 1, 2, \dots, d$. 取投资者的资产过程方程组为

$$X(t) = x - (1 + \mu) \sum_{i=1}^d L_i(t) + (1 - \lambda) \sum_{i=1}^d M_i(t) + \int_0^t X(u)(u) du, \quad (1)$$

$$Y_i(t) = y_i + L_i(t) - M_i(t) + \int_0^t Y_i(u) [b_i(u) du + \sum_{j=1}^d \sigma_{ij}(u) dW_j(u)]. \quad (2)$$

定义 1 称 $f(u) = \sum_{i=1}^d \{(1 - \mu) u_i I_{[u_i \geq 0]} + (1 + \lambda) u_i I_{[u_i < 0]}\}$ 为折算函数,其中 $u \in \mathbb{R}^d, u = (u_1, \dots, u_d)$. 未定权益 $(C_0, C_1, \dots, C_d)$ 定义为一组 F_T 可测的随机变量. 称投资策略 (L, M) 以 $(x, y_1, \dots, y_d)$ 为初始资本,套期保值(Hedge)未定权益为 $(C_0, C_1,$

$\dots, C_d)$, 如果式(1), (2) 的 $X(T), Y_i(T)$ 满足

$$\begin{cases} X(T) + f(Y(T) - C) \geq C_0, \\ C = (C_0, C_1, \dots, C_d), \\ Y(T) = (Y_1(T), \dots, Y_d(T)), \end{cases} \quad (3)$$

并称满足式(3)的投资策略为套期保值策略(Hedging strategy).

定义 2 给定初始资本 $(x, y_1, \dots, y_d)$, 称套期保值策略是可允许的, 如果相应的资产满足 $[X(\cdot) + \sum_{i=1}^d R_i(\cdot) Y_i(\cdot)]/B(\cdot)$ 是一个 P_0 上鞅. 可允许投资策略全体记为 $A(x, y_1, \dots, y_d) \triangleq A$. 特别地, $A(x, 0, \dots, 0) \triangleq A(x)$. 未定权益 $(C_0, C_1, \dots, C_d)$ 的可允许套期保值定价为

$$H' = h(C_0, C_1, \dots, C_d) =$$

$$\inf\{x \in \mathbb{R} \mid \exists (L, M) \in A(x),$$

$$\text{且套期保值未定权益}(C_0, C_1, \dots, C_d)\}. \quad (4)$$

称 H' 为在可允许投资策略下未定权益 $(C_0, C_1, \dots, C_d)$ 的套期保值定价, 简称为套期保值定价. 当上式右端为空集时, 规定 $H' = +\infty$.

辅助鞅 D 的定义和讨论可参见文献^[10~12], 这里仅指出, 可以推得套期保值策略是无套利的^[10,13], 式(4)的定价亦然, 且给出如下引理^[10~12]

引理 1 若 $C_0 + f(C) \geq -K, 0 \leq K < \infty$ 且 $E_0^* [C_1^2 + C_2^2 + \dots + C_d^2] < +\infty$, 则

$$H' = \sup_D E \left[\frac{Z_0(T)}{B(T)} (C_0 + \sum_{i=1}^d R_i(T) C_i) \right] = \sup_{D_\infty} E \left[\frac{Z_0(T)}{B(T)} (C_0 + \sum_{i=1}^d R_i(T) C_i) \right]. \quad (5)$$

在引理 1 条件下可有 $H + f(y) \leq H'$. 其中 $f(\cdot)$ 为折算函数, $y = (y_1, \dots, y_d)$, 以及

$$H = h(C_0, C_1, \dots, C_d; y_1, y_2, \dots, y_d) =$$

$$\inf\{x \in \mathbb{R} \mid \exists (L, M) \in A,$$

$$\text{且套期保值未定权益}(C_0, C_1, \dots, C_d)\}.$$

3 套利分析(Arbitrage analysis)

假定未定权益只能以债券形式的资金来购买. 记 $C(0)$ 为在 $t = 0$ 时刻, 未定权益 $(C_0, C_1, \dots, C_d)$ 的价格, 而 $C(0)$ 未必就是 H' .

定义 3 若下列条件之一满足, 则称为受限于 $A(x)$ 上存在套利机会,

1) $x > 0$ 时, 若 $x - C(0) < 0$, 且有 $(L, M) \in A(x)$, 使得 $X(T) + f(Y(T) - C) \geq C_0, \text{a.s.}$

2) $x < 0$ 时, 若 $x + C(0) < 0$, 有 $(L, M) \in A(x)$, 使得 $X(T) + f(Y(T) + C) \geq -C_0, \text{a.s.}$

再引入记号

$$l = \{x \geq 0 \mid \exists (L, M) \in A(-x), \\ \text{使得 } X(T) + f(Y(T) + C) \geq -C_0\}, (6)$$

$$u = \{x \geq 0 \mid \exists (L, M) \in A(x), \\ \text{使得 } X(T) + f(Y(T) - C) \geq C_0\}, (7)$$

并记 $h_{\text{low}} = \sup\{x, x \in l\}$, $h_{\text{up}} = \inf\{x, x \in u\}$. $h_{\text{low}}, h_{\text{up}}$ 分别为未定权益 $(C_0, \dots, C_d)$ 的下套利价格和上套利价格. 而由文献[11]可得如下两个引理:

引理 2 按引理 1 的假定, 则有

$$h_{\text{up}} = \sup_{D^+} E\left[\frac{Z_0(T)}{B(T)}(C_0 + \sum_{i=1}^d R_i(T)C_i)\right] =$$

$$\sup_{D^+} E\left[\frac{Z_0(T)}{B(T)}(C_0 + \sum_{i=1}^d R_i(T)C_i)\right] = H',$$

$$h_{\text{low}} = \inf_{D^-} E\left[\frac{Z_0(T)}{B(T)}(C_0 + \sum_{i=1}^d R_i(T)C_i)\right] =$$

$$\inf_{D^-} E\left[\frac{Z_0(T)}{B(T)}(C_0 + \sum_{i=1}^d R_i(T)C_i)\right].$$

引理 3 若 $u_0 = E[Z_0(T)(-C_0 + \sum_{i=1}^d R_i(T)C_i)/B(T)]$, $(Z_0(\cdot), \dots, Z_d(\cdot)) \in D$, 则有 $h_{\text{low}} \leq u_0 \leq h_{\text{up}}$. 若 $h_{\text{low}} < h_{\text{up}}$, 则形如 u_0 的值取遍 $(h_{\text{low}}, h_{\text{up}})$. 设 $x_1 \in l$, 若 $0 \leq y_1 \leq x_1$, 则 $y_1 \in l$. 类似地, 设 $x_2 \in u$, $y_2 \geq x_2$, 则 $y_2 \in u$.

定理 1 对任何给定的未定权益定价 $C(0)$, 若 $C(0) > h_{\text{up}}$, 则市场中存在套利机会; 类似地, 对任何给定的未定权益定价 $C(0) < h_{\text{low}}$ 亦然. 对任何 $C(0) \notin (u \cup l)$, 则不存在套利机会.

证 若 $C(0) > h_{\text{up}}$, $x_1 \in (h_{\text{up}}, C(0))$. 由引理 3 可知 $x_1 \in u$, 从而存在 $(L, M) \in A(x)$, 使得 $x_1 - C(0) < 0$ 时, 有 $X(T) + f(Y(T) - C) \geq C_0$, 故这时市场存在套利机会. 另一不等方向证明类似. 考虑 $C(0) \notin u$, 若有 $x^* \in [0, \infty)$ 和 $(L, M) \in A(x^*)$, 使得 $x^* - C(0) < 0$, 而且有 $X(T) + f(Y(T) - C) \geq C_0$. 于是, $x^* \in u$, 由引理 3 可知 $C(0) \in u$, 从而得出矛盾. 另一结果证明类似.

推论 1 若 $h_{\text{low}} < h_{\text{up}}$, 则对 $\forall C(0) \in (h_{\text{low}}, h_{\text{up}})$, 市场不存在套利机会. 这时 $C(0)$ 可取成 $E[Z_0(T)(C_0 + \sum_{i=1}^d R_i(T)C_i)/B(T)]$ 的形式, 对某个 $(Z_0(\cdot), \dots, Z_d(\cdot)) \in D$ 成立. 从而, $[h_{\text{low}}, h_{\text{up}}]$ 是未定权益 $(C_0, \dots, C_d)$ 的一个无套利定价区间, 而在其外部存在套利机会.

4 无套利公平价(No-arbitrage fair price)

这里假设债券的初始资本 $X(0) = x > 0$, 就以

x 为初始净资产, 并记

$$A_+(x) = \{(L, M) = (L_1(t), M_1(t), \dots, L_d(t), M_d(t)) \in A(x), 0 \leq t \leq T \mid \text{使得当 } x > 0 \text{ 时 } X^{x, L, M}(T) + f(Y^{L, M}(T)) \geq 0\}.$$

其中 $X^{x, L, M}(\cdot), Y^{L, M}(\cdot) = (Y_1^{L, M}(\cdot), \dots, Y_d^{L, M}(\cdot))$, 分别依次为初始资本 $X(0) = x, y_1 = \dots = y_d = 0$, 且以 (L, M) 为投资策略的资产过程. 令 $V(x) \triangleq \sup_{(L, M) \in A_+(x)} E[U(X^{x, L, M}(T) + f(Y^{L, M}(T)))].$ (9)

其中, 效用函数 $U(\cdot): (0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}$, 是严格增凹的 C^1 函数, 且 $U'(0_+) \triangleq \lim_{x \rightarrow 0} U'(x) = \infty, U'(\infty) = \lim_{x \rightarrow \infty} U'(x) = 0$. 记 $I(\cdot)$ 为 $U'(\cdot)$ 的逆, $I(\cdot): (0, \infty) \rightarrow (0, \infty)$, 其中 $I(0_+) = \infty, I(\infty) = 0, U'(I(x)) = x, x > 0$. 这里假设价值函数 $V(x)$ 的优化是可达的, 即对 $\forall x > 0$, 存在 $(L^*, M^*) \in A_+(x)$, 使得 $V(x) = E[U(X^{x, L^*, M^*}(T) + f(Y^{L^*, M^*}(T)))].$ 还假定 $V'(x)$ 存在及 $V'(x) > 0$.

记未定权益为 $(C_0, C_1, \dots, C_d)$, 在时刻的约定价为 $C(0) = p$. 对任何 $0 < |\delta| < x$, 投资者在 $t = 0$ 时刻, 若用价值量为 δ 的初始净资产买未定权益, 能买到的未定权益为 $\frac{\delta}{p}(C_0, C_1, \dots, C_d)$, 同时, 又以 $x - \delta$ 作为初始资产, 和以 $(L, M) \in A(x - \delta)$ 作为投资策略进行投资, 那么, 该投资者在投资终端 $t = T$ 时刻的净资产为

$$X^{x-\delta, L, M}(T) + f(Y^{L, M}(T) + \frac{\delta}{p}C) + \frac{\delta}{p}C_0 = Z^{x-\delta, L, M}(T).$$

其中 $C = (C_0, C_1, \dots, C_d), Y^{L, M}(T) = (Y_1^{L, M}(T), \dots, Y_d^{L, M}(T))$. 现取

$$W(\delta, p, x) = \sup_{(L, M) \in A_+(x-\delta)} E[Z^{x-\delta, L, M}(T)]. \quad (10)$$

这里 $0 < |\delta| < x$. 对给定的 $x > 0$ 考虑下述方程关于 $\hat{p} = p(x)$ 的解:

$$\frac{\partial W}{\partial \delta}(0, p, x) = 0. \quad (11)$$

定义 4 对给定的 $x > 0$, 如果对每一个满足下述 i), ii) 条件的可微函数 $\phi(\cdot, p, x)$

i) 对所有 $\delta \in (-x, x), \phi(\delta, p, x) \geq W(\delta, p, x);$

ii) $\phi(0, p, x) = W(0, p, x)$

可有 $\frac{\partial \phi(0, p, x)}{\partial \delta}$, 则称 p 为式(4)的一个弱解^[6, 10].

定义 5 如果任意给定的初始净资产 $x > 0$, 满

足式(4)的弱解 $\hat{p} = p(x) > 0$ 是唯一的, 则称 $\hat{p}(x)$ 为未定权益 $(C_0, C_1, \dots, C_d)$ 的公平价。

下面结果给出了 $\hat{p}(x)$ 的一个重要性质, 其在一定程度上反映了 $\hat{p}(x)$ 的合理性。

定理 2 在引理 1 的假定及上述符号约定下, 可有

$$h_{\text{low}} \leq \hat{p}(x) \leq h_{\text{up}}. \quad (12)$$

证 由 u 的定义及适当选取 ξ , 即 $\forall y \in u$ 和存在 $A_+(\xi)$ 中的策略, 使得 $\hat{p}(x) \leq y$, 故有 $\hat{p}(x) \leq h_{\text{up}}$. 同理, 对 $\forall z \in l, z > 0$, 有 $\hat{p}(x) \geq z$.

证毕。

定理 3 对 $\forall x \in \mathbb{R}_+$, 如果存在未定权益 $(C_0, C_1, \dots, C_d)$ 的公平价 $\hat{p}(x)$, 则必有

$$\hat{p}(x) \in [\underline{a} \vee h_{\text{low}}, \bar{a} \wedge h_{\text{up}}]. \quad (13)$$

其中

$$\underline{a} = \frac{E\{[U'(X^{x, L^*} \cdot M^*(T) + f(Y^{L^*} \cdot M^*(T)))] [C_0 + f(C)]\}}{V'(x)}, \quad (14)$$

$$\bar{a} = \frac{E\{[U'(X^{x, L^*} \cdot M^*(T) + f(Y^{L^*} \cdot M^*(T)))] [C_0 + \bar{f}(C)]\}}{V'(x)}, \quad (15)$$

$$\underline{f}(C) = \sum_{i=1}^{i=d} \min\{(1-\mu)C_i, (1+\lambda)C_i\} = f(C), \quad (16)$$

$$\bar{f}(C) = \sum_{i=1}^{i=d} \max\{(1-\mu)C_i, (1+\lambda)C_i\} = -f(-C). \quad (17)$$

特别地, 当 $(C_0, C_1, \dots, C_d) = (C_0, 0, \dots, 0)$ 时, 亦即未定权益在到期时刻仅以债券来支付时, $\hat{p}(x)$ 一定存在且唯一, 即有使 $V(x)$ 可达的投资策略 (L^*, M^*) , 满足

$$\hat{p}(x) = \frac{E\{[U'(X^{x, L^*} \cdot M^*(T) + f(Y^{L^*} \cdot M^*(T)))]\}}{V'(x)}. \quad (18)$$

证 对 $\forall 0 < x < y < \infty$, 由 $U(\cdot)$ 的凹性可得

$$U(x) + (y-x)U'(x) \geq U(y) \geq U(x) + (y-x)U'(y).$$

这样, 对任意的 δ , 满足 $x > \delta > 0$, 且 $p > 0$, 可有

$$W(\delta, p, x) \geq V(x-\delta) + \frac{\delta}{p} E\{[U'(X^{x, L^*} \cdot M^*(T) +$$

$$f(Y^{L^*} \cdot M^*(T)) + \frac{\delta}{p} f(C) + \frac{\delta}{p} C_0][f(C) + C_0]\}.$$

于是由 Fatou 引理可知, 当 $\hat{p}(x)$ 存在时, $\hat{p}(x) \geq \underline{a} \vee h_{\text{low}}$. 类似地可以证明当 $\delta < 0$ 和 $p > 0$ 时, $\hat{p}(x) \leq \bar{a} \wedge h_{\text{up}}$. 显然, 当 $(C_0, C_1, \dots, C_d) = (C_0, 0, \dots, 0)$ 时, $\hat{p}(x)$ 一定存在, 恰为式(18). 证毕。

5 结束语(Conclusion)

无套利分析是现代数理金融理论的一个基本研究方法, 本文讨论的公平价问题恰是在无套利分析的基础上展开的. 实际上, 有交易费市场的套利机会刻划可以不止一种方式^[7,10,11,13], 但应以何种方式讨论公平价, 使得既要基于实际背景得出具有一定理论涵义的结果, 又要易于为从事金融实务的人士所乐于接受, 这是有相当难度的. 因此, 没有必要也不大可能达到完全兼顾, 某种折衷和有所侧重应是可行的, 而公平价的一个基本的寓意就恰在于此. 本文所提出的公平价的明显特点是, 不仅兼顾了无套利与套期保值的要求, 而且还能为数值计算实现提供可靠的方法和依据, 如本文中所给出的公平价, 在形式上是一个无套利公平定价区间, 这意味着可根据满足实际背景的某些约束条件来尝试利用优化方法、差分法和不动点方法实现计算。

参考文献(References):

- [1] DAVIS M H, PANAS V G, ZARIPHPOULOU T. European option pricing with transaction costs [J]. *SIAM J of Control and Optimization*, 1993, 31(2): 470-493.
- [2] ZARIPHPOULOU T. Investment-consumption methods with constraints [J]. *SIAM J of Control and Optimization*, 1994, 32(1): 59-85.
- [3] SONER H M, SHREVE S E, CVITANIC J. There is no trivial hedging portfolio for option pricing with transaction costs [J]. *The Annals of Application Probability*, 1995, 5(2): 327-355.
- [4] CVITANIC J, KARATZAS I. Hedging and portfolio optimization under transaction costs: A martingale approach [J]. *Mathematics Finance*, 1996, 6(2): 133-165.
- [5] CHEN Shun. *Option Pricing Theory and Applications* [M]. Beijing: China Finance Press, 1998: 1-33.
- [6] KARATZAS I, KOU S G. On the of contingent claims under constraints [J]. *The Annals of Application Probability*, 1996, 6(2): 321-369.
- [7] LI Zhongfei, WANG Shouyang. *Optimal Portfolio and No-Arbitrage Analysis* [M]. Beijing: Science Press, 2001: 18-51.
- [8] SJUR D F. Looking for arbitrage [J]. *Int Review of Economics and Finance*, 2000, 9(1): 1-9.
- [9] CVITANIC J, HUI W. On optimal terminal wealth under transaction costs [J]. *J of Mathematical Economics*, 2001, 35(3): 223-231.

- [10] XU Shimeng. *Hedging price contingent claims and optimization of asset under transaction costs* [D]. Beijing: Institute of Applied Mathematics, Academia Sinica, 1997.
- [11] 许世蒙, 张玉忠. 有交易费的未定权益无套利定价区间[J]. 应用数学学报, 2002, 25(2): 361–365.
(XU Shimeng, ZHANG Yuzhong. The no-arbitrage pricing interval of contingent claims under transaction costs [J]. *Acta Mathematicae Applicatae Sinica*, 2002, 25(2): 361–365.)
- [12] 许世蒙, 张玉忠, 林均昌. 带交易费的未定权益有偏好套期保值定价[J]. 高校应用数学学报, 1998, 13(4): 414–420.
(XU Shimeng, ZHANG Yuzhong, Lin Junchang. The pricing of the preferred hedging contingent claims under transaction costs [J]. *Applied Mathematics A Journal of Chinese University*, 1998, 13(4): 414–420.)
- [13] 许世蒙, 张玉忠. 有交易费市场中套利问题的注记[J]. 系统科学与数学, 2001, 21(3): 330–334.
(XU Shimeng, ZHANG Yuzhong. Notes about arbitrage of market under transaction costs [J]. *J of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2001, 21(3): 330–334.)
- [14] HE S W, WANG J G, YAN J A. *Semimartingale Theory and Stochastic Calculus* [M]. Beijing: Science Press, 1995: 298–340.

作者简介:

许世蒙 (1958—), 男, 教授, 1981年获吉林大学数学专业学士学位, 1989年获黑龙江大学自动控制理论及应用专业硕士学位, 1997年获中国科学院应用数学所概率统计专业博士学位, 主要研究兴趣为数理金融、统计分析与计算、系统辨识与自适应控制、军事运筹与仿真模型计算, E-main: xushimeng38@sohu.com;

张玉忠 (1962—), 男, 教授, 曲阜师范大学(日照分院)运筹与系统工程学院院长, 1997年获中国科学院应用数学所运筹学专业博士学位, 主要研究兴趣为运筹学理论与应用、数理经济和数理金融、系统工程和可持续发展问题, E-main: yuzhong@qfnu.edu.cn.

(上接第916页)

与会代表对各级领导和专家的热情支持, 对大会程序委员会、组织委员会和论文集编辑委员会的辛勤劳动和细致周密的组织工作表示赞赏和衷心感谢, 对承办单位华中科技大学控制科学与工程系和协办单位中国人工智能学会机器人足球竞赛工作委员会和上海广茂达伙伴机器人有限公司的支持和帮助表示衷心感谢. 代表们对本次会议的各项工作表示满意, 对会议的圆满成功表示由衷高兴和热烈祝贺.

第七届中国智能机器人学术研讨会将于2006年在哈尔滨举行, 由哈尔滨工业大学承办. 我们热忱欢迎国内和海外学者参加下届学术研讨会, 以新的更加丰硕的研究成果迎接第七届学术研讨会的召开.

(中国人工智能学会智能机器人专业委员会)