

基于模糊逻辑的智能股票投资模型

邬保明

(上海大学计算机学院 上海 200072)

摘要 模糊数学已经被大量地应用于工业控制,本文根据证券市场上投资者的思维过程与模糊逻辑的相似性,尝试把模糊学引入股票市场投机行为的控制,模拟股票市场上投资者的股票买卖行为,旨在探索一种基于模糊逻辑的自动股票投机和投资逻辑,可以为股票软件开发提供理论依据和逻辑模型,建立在模糊逻辑基础上的股票软件可以引导投资者避免追涨杀跌,从而有利于股市稳定而健康地发展。

关键词 模糊逻辑,智能投资,隶属度,成熟度

Intelligent Stock Investment Software Model Based on Fuzzy Logic

WU Bao-ming

(Computer Institute, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract Fuzzy math has been heavily used in industrial control. Based on the similarity of fuzzy logic and the thinking process of stock market investors, this paper tries to introduce the fuzzy theory into the control of the stock market speculation, and simulate Investors' stock trading behaviors on the stock, in order to explore the automatic stock investment and speculative logic based on a fuzzy logic. It can provide a theoretical basis and logic model for the stock software development. Built on the basis of fuzzy logic, the stock software can guide the investors, and benefit the stock market's stable and healthy development.

Keywords Fuzzy logic, Intelligent investment, Subordination, Maturity

1 引言

纵观中外股票市场,几乎所有国家的股票指数都在上涨,但是仍然有投资者亏得倾家荡产,在2005年7月启动的行情中,上证指数从998点一直到目前的5235.16点,仍然有投资者用5万元投资权证到最后只剩下2000元。在股票市场上有一个比例,那就是1:2:7,十个人中只有1个人赚钱,2个人平手,7个人亏损。亏损的原因主要是因为他们非理性操作,行情的实时波动给投资者带来巨大的心理压力,从而驱使他们非理性地买卖股票,再加上频繁交易,最后造成股票价格上涨但投资者亏损的后果。情绪和情感跟随行情波动是造成投资者投机和投资失败的主要原因,投资者如果能在操作中克服情绪和情感的影响,就可以立于不败之地。计算机是人类发明的高效运算的智能机器,它排除了人类在思维过程中的情感和情绪干扰,如果能把计算机应用到股市投资中,用计算机来模拟人的理性思维,就能够让投资者在股票买卖操作中坚持理性,就可以避免非理性因素带来的误判和过失操作,实现人工智能股票投资。

那么股票买卖中的理性是什么呢?很简单的一句话:低价买进高价卖出。如果在低价卖出,在高价买入,那就会亏损。股民们很容易犯这个错误,原因是在他们的股票买卖的操作中受到一些非理性的因素的干扰,典型的比如心理作用,恐惧和贪婪等等。如果投资者始终能够坚持低价买入和高价卖出的理性,所有的投资者都可以取得和大盘上涨幅度一样的投资收益率,没有人会亏钱。基于模糊逻辑的计算机软件可以实现对这种理性的模拟。

简而言之,实时地在股票市场上选出一只股票,它的价格是低还是高不是一个精确的问题,而是一个模糊的问题。对

某一只股票看涨,在以后的交易日它会涨多少也是不能精确表示的,是一个模糊的问题。同样一只股票,有的投资者认为它的价格低而买进,有人则认为它的价格高而卖出,因而低价与高价、看涨与看跌等问题可以用模糊数学的原理来分析。给定一个股票价位,它算是低价还是高价是不能明确地确定的,我们可以采用模糊数学的方法寻求它的模糊表示,进而对它进行模糊变换,由此实现应用模糊数学原理模拟投资者的理性投机操作。

2 股价影响因素的评估与股价的模糊表示

股票价格有涨有跌,为什么涨为什么跌?主要是看投资者是不是在买进它,一只股票如果大家都去买进它,它的价格就会涨,相反如果大家都去卖掉它,它的价格就会跌。所以股票价格的涨跌取决于投资者的买卖行为。

那么投资者的买卖行为的决策又是如何出现的呢?投资者之所以买进一只股票是因为这只股票有值得投资的地方,是因为对这只股票的评估价格高于目前的股票实时价格,投资者之所以卖出这只股票是因为随着环境的变化,对股价的评估也发生了变化,使得对这只股票的评估价格低过了目前的股票实时价格。

对股票价格的评估是通过具体分析影响股价的因素而进行的,对于股价影响因素我们可大致归为以下四类,首先宏观经济局势和国家经济政策会影响股价,这个因素对指数的影响最为明显,股价指数的涨跌受宏观面的影响,进而影响个股。如果一个市场的整体形势向好,投资者就会买进市场中的股票,反之就会抛出。其次也是最主要的,单个股票的价格受该上市公司基本面的影响;某一上市公司的经营和业绩出现了变化,投资者会做出相应的买卖操作。第三,单个股票如

果受到大资金的集中性买卖,股票价格走势就会呈现出明显的趋势;如果某一个股票有大资金持仓,会给其他的投资者一种安全感,大家在都会跟庄。最后,单个股票的价格受到投资者的心理倾向的影响。一股票不管它的基本面多么差,如果大家都认为它要上涨,这只股票就变得抢手,价格就真的会上涨。我们假设理性投资者根据对这四个方面的因素的评估结果来界定一只股票并做出决策。

从集合论的观点出发,投资者对于股票的评价就是这只股票的关于这些影响因素的信息组成的一个的集合,比如投资者对鞍钢股份的评价就是宏观面+公司基本面+大资金动向+散户心理四个方面的信息,任何一只股票都是这样。任意拿出一只股票,宏观面对它是否支持,大资金是持仓是否足以带动广大散户,公司基本面是否能够形成利好,等等。

各种影响因素在它出现或者发生变化以后,它会对股价会产生影响,由于不同的信息对股价的影响的速度互不相同,因而股价对这些影响因素所产生的信息或者信息改变的反映程度是不一样的,有的反应迟钝,有的迅速出清,而有的则反应过度,这就形成了影响股价的信息的几种状态:迟钝、出清和过度等等。某一影响因素所产生的信息是反映迟钝的还是反应过度的,是一个模糊的概念,我们可以构造这样一些模糊集合比如“信息迟钝”、“信息出清”、“信息过度”等来对这些信息进行模糊分析和模糊处理。

这里我们以信息出清为例来说明股价信息的模糊表示,假定某一因素发生了变化,它所产生的信息引致投资者对股票的价格的重新评估进一步引起买卖行为,如果投资者的评估价格是20元,而该股的实时价格是10元,那么投资者会不断买进,直到股价升高到20元才停止,这时我们说这个信息出清了,把影响股价的各种因素的信息枚举出来,并给出这一信息属于出清信息的隶属程度,这样我们就把股价影响因素模糊化了从而找到了它的模糊表示:

$$A = \frac{a_1}{u_1} + \frac{a_2}{u_2} + \dots + \frac{a_n}{u_n}$$

其中:A表示信息出清, u 表示各个影响因素的数值,具体的来说比如可以是一个财务指标, a_i 表示达到该指标的出清状态的隶属度。用同样的方法我们可以构造“信息迟钝”和“信息过度”的模糊表示。

3 股价评估过程的模糊逻辑与模糊变换

把一个股票的所有信息综合在一起就形成了对这个股票的评价。以这个评价为基础,可以估定一个该股票的评估价格,用该只股票的现时价格与该只股票的评估价格进行对比,发现很少会有相同的时候,因为不存在一个完全有效的市场让所有的信息都能反映在股票价格上。用某一股票的现时价格除以该只股票的评估价格可以计算一个百分比数值,我暂时把它叫做这只股票的成熟度。

做一个变换,如果我们已经知道某只股票的成熟度,那么用现时价格除以这个成熟度,就是股票的评估价格,只要市场是有效的,那么股票价格会逐渐逼近这个价格。可见,如果这个隶属度是已知的,我们根据现时价格就可以预测该只股票的未来价格,从而做出买卖决策,

$$p_e = p/z$$

其中 p_e 表示预期的股价, p 表示现时的价格, z 表示股价的成熟度。

如果我们引入模糊逻辑,通过模糊分析,我们甚至抛开股票现时价格也可以判断这只股票是价格较高,还是价格较低,从而可以决定买进、观望还是卖出。因为模糊分析的核心是

隶属度极其模糊变换,现在我们将模糊分析原理引入股票价格评估分析。

面对某一只股票的现时价格,它的价格是高是低属于一个模糊的范畴,要想对它做进一步的分析,我们可以构造一些“价格低”、“价格适中”和“价格高”等这样一些模糊集合,比如我们可以构造如下的一个价格适中的模糊结合:

$$B = \frac{b_1}{p_1} + \frac{b_2}{p_2} + \dots + \frac{b_n}{p_n}$$

其中 p 表示现实的个股价格, b 表示股价的隶属度, B 是一个价格适中的股票的模糊集合。

事实上这里的股价隶属度反映该只股票现时价格对该只股票的价格适中评估价格的隶属程度,而前述股票成熟度正好就是现实的股价对它的评估价格的接近程度,实际上隶属度可以通过上述的股价成熟度来取得,二者是相等的, $v=z$ 。

股票的价格取决于影响股票价格的众多因素,因此从股价影响因素到股票的实时价格存在着映射关系,实际上相应的影响因素的集合与股票价格的集合之间可以建立一种模糊关系, $R: A \times B \rightarrow [0, 1]$, 这种模糊关系是我们建立智能投资模型的关键,我们来寻找这种模糊关系, R 的这个模糊关系的现实意义就是对各种股价影响因素的隶属度进行转换而得出关于股票价格评估的隶属度,由它来对众多因素在模糊集合上的隶属度进行按照设定标准的模糊运算处理,事实上这种处理可以通过模糊变换来实现,因而有 $B = A \cdot R$ (这里 \cdot 代表模糊运算), 这里的 R 是一个矩阵,它包含了一整套的股票价格评估条件,我们可以称它为评估矩阵。

评估转换的计算过程可以分为两步,首先计算直接的影响因素的影响,其次再计算投资者风险偏好的影响。所以评估矩阵又可以进行分解: $R = R_1 \cdot R_2$, R_1 表示直接评估矩阵,包括直接的因果关系处理设定, R_2 表示综合评估矩阵,包含对间接的和投资者偏好等综合因素处理设定。这样,整个模糊处理过程就是 $B = A \cdot R_1 \cdot R_2$ 。

一旦把股价的评估过程抽象成模糊变换,我们就可以通过模糊集合的运算对股票进行分类、筛选和评级,通过模糊关系运算来实现各种投资策略,通过模糊矩阵变换来控制投资组合的调整等等,从而实现计算机智能投资。这就是基于模糊数学的股票模拟操作的核心思想。

4 股票投资模拟模型

本人设计的股票投资模拟模型的系统流程如下,首先将上述四个方面的影响因素的信息和数据输入系统,表示成向量或转换为矩阵,其次将这些数据进行因素分析,确定因素的隶属度,并构造隶属度矩阵,然后对各个因素隶属度进行模糊变换,求出股票的成熟度(隶属度),构造成熟度矩阵并对其进行模糊运算,从而实施买卖决策,具体流程如下:

首先将所有的关于股票的影响因素信息化,这些信息可以归类为直接可以表示为数字的信息和不可以用数字表示的信息两大类,对于前者进行模糊化,求出其隶属度,对于后者,由专家直接给出隶属度,然后将一个股票的所有影响因素的隶属度组成一个隶属度的向量,然后通过模糊变换可以求出这个股票的成熟度, $b_i = A_i \cdot R_{1i} \cdot R_{2i}$

求出股票的成熟度以后,通过专家设股票成熟度的域限,落入各自取值范围的股票分别划入买入、观望、卖出的分类中,对于各类股票中的单个股票,在其操作的触发条件成立的时候就执行相应的操作。比如,我们把成熟度低的股票组成一个模糊集合,划分为买入类的股票,某一刻某一股票买入触发条件成立,就进行买入操作。

也可以根据各种交易偏好或者操作策略,设计出决策矩阵经过模糊运算以后进行阈限比较,就可以决定可以买卖的股票。

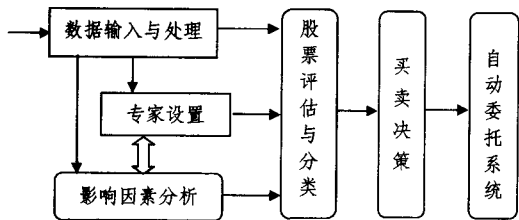


图1 股票投资模拟系统流程图

模拟投资模型中的模糊逻辑具体可以在影响因素的模糊化、股票评估和分类、买卖决策三个模块中实现。

5 数据输入与模糊化

在上述程序流程的数据输入中,大部分因素的信息可以用数值来表示,少部分因素不能用数值来表示,因此,全部影响因素可以分为两类,一部分可以用精确的指标数值来表示,剩下的那些因素不能用指标精确地表示,对这两类指标我们应该区别地对待,对于精确数指标,我们对它们进行模糊化,把它们变成模糊数指标,即模糊集合的元素。

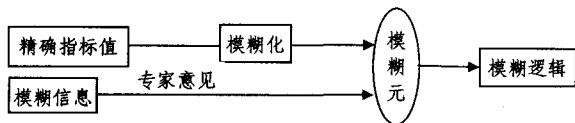


图2 数据处理逻辑图

有的因素难以用数字来表示,对于这些因素我们采用专家意见法直接指定其隶属度,然后把这隶属度输入系统参与模糊变换。

这样,我们就可以把所有的因素或者叫做投资点模糊化为模糊元素,模糊元组成的集合就是关于单个的股票的信息或评价,我们在此基础上再建立一个股票分析和买卖的模糊逻辑,对这些信息经过模糊逻辑的翻译和加工,最后给出操作建议。

模糊化将投资者在股票投资中应该考虑的因素的数值转化为模糊数,其中隶属度的确定是核心问题,我们可以采用任何合适的隶属度设定方法,但是由于股票投资的专业性较强,因此在没有一个明显优越的设定方法情形下,采用专家建议法比较可行。在某一影响因素本身不可以量化的时候,比如人气等只能用专家建议法,由专家或者投资者直接设定隶属度。

对于大多数可以取得指标的量化数值的情况,一般可以以指标的数值变动所带来的股价的实际变动与应有变动之比来设定隶属度,某个因素发生变化后,股价的实际变动在行情中可以取得,而应有的变动需要通过引入神经网络来实现学习功能以后确定。也就是说引起股价变动的因素的权重,以及每个因素变动率与股价变动率的函数关系,需要通过神经网络来实现,这是这个模拟模型的难点。

6 股票评估和分类

当所有的影响因素被转化为模糊元以后,我们就可以取得这些因素的信息隶属度,将这些隶属度列成向量,进一步排成矩阵,接下来通过模糊变换求出各个股票的成熟度,有了股票价格的成熟度就可以进一步对股票进行分类和评级。较为简单的股票价格评估使用简单的模糊运算比如求交或者求并

就可以实现,甚至可以采用经典数学算法来计算,比如算术平均法,或者加权平均法来实现,在股票分类的逻辑设计中,最简单运算的是对模糊矩阵求截集,截集内的股票就是一个类别,而较为复杂的股票评估和分类需要设计模糊关系及其运算来完成。

假设这个股票池里面有 m 只股票,每只股票的价格受到 n 个因素的影响,则有:

$$U = (u_{ij}) = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1m} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & u_{nm} \end{pmatrix}$$

分别构造了三个信息模糊集合:迟钝、出清和过度,对 U 中的每一列根据隶属度的求法规则求出信息的隶属度。

$$A_j = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} \end{pmatrix} \quad (\text{其中 } a_{i1}, a_{i2}, a_{i3} \text{ 分别表示迟钝、出清和过度})$$

我们可以构造一个从股价因素到股价的模糊关系 C ,对股票价格构造了三个模糊集:低价、适中、高价。对上述 A_j 与模糊关系矩阵 C 进行模糊运算 $A_j \cdot C$ 得出 $B_j = A_j \cdot C$, B_j 就是对各只股票的价格评估的模糊集,然后在 B_j 的基础上使用专家系统对股票进行分类。

7 投资决策过程

最简单的决策可以通过专家系统设置不同的域值来实现,超过这些域值就实施相应的操作,例如对隶属度设定一个域值,低于这个域值就发出买入指令;相反,也对隶属度设定一个卖出域值,超过这个域值就发出卖出指令。

投资者的风险偏好分为三种:风险厌恶、风险中性和风险喜好,这三者之间能够承受的风险水平依次增加,因此不同的投资者可以有不同的投资偏好。由于投资者的风险偏好不同,他们对相同的股票的成熟程度的评价是有差别的,他们对股票买入和卖出的隶属度的阈限的设定也是不同的。如图3所示,假设投资者风险厌恶的,将成熟度为 0.2 以下划为买入,0.2-0.8 划为观望,0.8 以上划为卖出。

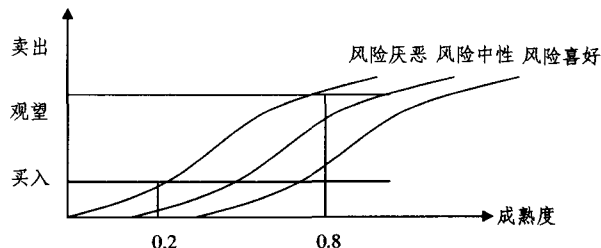


图3 投资决策图

这一过程也可以设计模糊矩阵进行模糊运算来完成,根据投资者风险偏好可以分别采用小中取小、小中取大、大中取小、大中取大的策略,只要策略定下来了,具体的运算可以通过模糊变换来实现。比如选择小中取小的策略,所以先对每只股票的各个指标的隶属度求交,再在各个股票之间求交,其余的策略也相应可以用求交和求并等等模糊运算实现,进一步地软件设计人员可以通过对投资者的投资策略进行抽象,设计出更加适合的模糊变换来实现。

结束语 以往的模糊逻辑主要运用于控制技术,都有一个控制目标,本文努力突破以往的应用模式,在目标尚不明确

的前提下用模糊逻辑模拟人的思维方面作了尝试,将模糊逻辑引入股票投资决策过程,并给出一个粗略的基本的股票投资模拟模型,有兴趣的朋友可以基于这个基本的模型进一步设计出复杂的模糊逻辑,总体上来看,通过模糊逻辑实现股票投资模拟是可行的。如果股市能够较大幅度地受到这种计算机模拟的控制,可以避免股市的大幅度波动甚至股灾,有利于形成一个良性发展的股市。

由于建立本模拟模型的目的在于探索模糊数学在证券投资中的应用,在设计中遇到神经网络的部分没有细化,事实

上,即使在模糊控制的设计中,关键的部分仍然需要用到神经网络和遗传算法,本文旨在抛砖引玉,具体工作需要进一步钻研。

参考文献

- [1] 谢季坚,刘承平. 模糊数学方法及其应用(第三版). 华中科技大学出版社,2006
- [2] Markowitz H. 资产选择:投资的有效分散化[M]. 首都经济贸易大学出版社,2000

(上接第56页)

(1) 如果 $hop < Hop_Tr$, 则 $\theta_{hop} = \frac{-hop}{Hop_Tr-1} + \frac{Hop_Tr}{Hop_Tr-1}$, 其中 $Hop_Tr > 1$

(2) 如果 $hop \geq Hop_Tr$, 则 $\theta_{hop} = 0$ 。

路径选择度量指标如下: $metric = \alpha \times \theta_{hop} + \beta \times \theta_{hop}$, 其中 α 和 β 分别是带宽系数和跳数系数的加权因子。显然 $metric$ 值越大, 路径越好。

协议分析: QUR 协议是一种先应式路由协议, 节点间通过周期性的广播路由更新分组来保证路由表的正确性; 利用新的单向链路检测算法能够检测出单向链路避免了路由错误, 同时在路由选择时综合考虑带宽和跳数因素, 有效地扩大了网络的吞吐量; 利用资源预约机制增加了控制分组个数, 相对降低了控制开销。

3.3 支持多播路由功能的 QoS 路由协议

QoS 约束的多播路由协议 MRPQoS^[11] (Multicast Routing Protocol with QoS constraints)

特点: 完全分布式运行, 将局部搜索与全局搜索、单分支搜索与多分支搜索有机地结合在一起, 较好地解决了现有的 QoS 多播路由协议消息复杂度高, 寻路成功率低以及连接建立时间比较长等问题。

算法的基本思想: (1) 采用单分支搜索与多分支搜索的自适应切换。从候选路由器搜索一条满足 QoS 需求的路径的过程中, 首先沿着单播路径进行搜索, 某个中间节点收到搜索消息时, 在将搜索消息发送到下一个节点之前首先进行 QoS 预测。(2) 局部搜索阶段。在局部搜索阶段, 当一个接收成员想要加入多播树时, 它向周围的邻居发送请求广播消息 (BIDREQ), 收到该请求的树上节点成为候选节点, 从该候选节点寻找一条到新成员的满足 QoS 需求的路径作为候选路径。(3) 网络搜索阶段。如果新成员在限定的时间内没有收到 BID 消息或收到的 BID 消息不满足 QoS 要求, 则新成员向源节点发送网络搜索消息 (N-BID-REQ), 源节点收到后便强制成为一个多分支搜索点, 向周围邻居发出 BID 消息, 重复局部搜索阶段的工作。(4) 多播树的维护。为了适应网络状态的动态变化, 为每个树上节点维护一个软状态, 包括子树的带宽信息和输入、输出接口以及定时器的信息。

协议分析: MRPQoS 协议中, 使用了一种按需进行多条路径搜索的网络全局搜索方法, 从而可以减少搜索消息的数量, 由于采用了自适应的候选路径搜索方法, 使得只有在单播路径有可能不满足 QoS 约束的情况下才进行多分支搜索, 有效减少了控制消息的数量; 在局部搜索阶段采用 QoS 预测来进行单分支与多分支的自适应切换, 使得在局部搜索阶段找到合适路径的可能性增加, 从而缩小了寻路的时间。MRPQoS 具有比较好的扩展性, 并且能在较短的时间内建立合适的路由, 可以根据目标条件寻找出较好的次优解, 所以适合

网络状态变化比较频繁的环境和实时多媒体应用。

结束语 现有的 QoS 路由协议除了主要考虑以上三个方面外, 越来越多地向其他各方面扩展, 比如说利用位置信息的基于局部状态已知的分布式路由算法 LILAGR^[12]; 更考虑到利用分散链路的分散链路状态多路 QoS 路由选择^[13], 这些都逐步完善了 QoS 路由协议。

通过对以上协议算法的分析和比较, 一个理想的 QoS 路由协议通常要全面考虑以下方面:

(1) QoS 路由协议的健壮性。Ad Hoc 网络采用的是无线传输技术, 并且由于多路访问、多径衰减、噪声和信号干扰等多种因素的影响使网络状态很不稳定, 因此使 QoS 路由协议在实际的网络环境中表现出最好的性能需要进一步的研究。

(2) 分布式控制是 Ad Hoc 网络的一个重要特点, 因此所需的相应的 QoS 路由协议应是一种完全分布式的路由协议, 可以仅仅依靠局部信息来选择路由, 不需要维持某些全局状态。

(3) 路由多播功能的支持。Ad Hoc 网络中的用户通常是一组协同工作的群体, 一对多或多对多通信是其应用的主体, 并且在多播通信中, 可以有效地利用带宽并能节约节点的电池能量, 所以对多播的支持有非常重要的意义。

参考文献

- [1] 英春, 史美林. 自组网环境下基于 QoS 路由协议[J]. 计算机学报, 2001, 24(10): 1026-1033
- [2] Wang Bin, Hou J C. Multicast routing and its QoS extension: Problems, algorithms, and protocols[J]. IEEE Network, 2000, 14(1): 22-36
- [3] 于宏毅. 无线移动自组织网. 北京: 人民邮电出版社, 2005: 249-258
- [4] 邓曙光, 王建新, 陈建二. 移动自组网中一种基于最稳路径的 QoS 路由[J]. 计算机工程, 2002, 28(9): 45-47
- [5] 肖小玲, 李腊元, 张翔. 基于 Ad hoc 网络的 QoS 路由协议研究[J]. 计算机应用研究, 2006, 23(9): 216-218
- [6] Chenxi Zhu, Scott Corson M. QoS Routing for Mobile Ad hoc Networks[J]. INFOCOM, 2002, 6(2): 958-967
- [7] Chen S, Nahrstedt K. Distributed Quality of Service Routing in Ad hoc Networks[J]. IEEE Journal of Selected Areas in Communications, 1999, 17(8): 1488-1505
- [8] Toh C K. Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad hoc Networks[J]. IEEE Communication Magazine, 2001, 39(6): 138-147
- [9] 吴小兵, 黄传河, 等. 一种新的移动 Ad hoc 网络中带宽保证的路由算法[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(2): 177-180
- [10] 齐卫宁, 于宏毅. 一种支持单向链路的 QoS 路由协议[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(24): 128-131
- [11] 高茜, 李勇, 罗军舟. 一种新的 QoS 约束的多播路由协议[J]. 计算机学报, 2003, 26(11): 1441-1449
- [12] 沈晖, 石冰心, 邹玲. 一个自组网中基于局部状态位置已知的分布式 QoS 路由算法[J]. 通信学报, 2004, 25(10): 58-66
- [13] 李媛, 陈莘萌. Ad Hoc 网络中分散链路状态多路 QoS 路由选择[J]. 计算机工程, 2006, 32(24): 13-15