

基于群体智慧的预测市场合约交易算法的设计研究

杨晓贤¹ 吕 斌²

(上海大学管理学院 上海 200444)¹ (上海大学图书情报档案系 上海 200444)²

摘 要 充分利用社会成员所掌握的数据、信息和知识的关键在于怎样有效地汇聚这些分散的、隐性的资源。分析了预测市场的基本特征,给出了事件合约交易过程中涉及的合约购买、用户间合约交易以及合约结算等关键算法。在交易有效期内,合约的市场价格呈现一定幅度的波动现象,使得任意时刻的合约价格都能客观地反映当前市场汇聚而来的所有信息,从而为事件预测提供参考。最后,通过实验和数据分析证明了所提方法在预测未来事件方面的汇聚性和有效性。

关键词 预测市场,信息发现,事件合约,关联推荐,交易算法设计

中图法分类号 TP311 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.6.047

Research on Algorithm Design for Prediction Market-based Contracts Trading Focusing on Collective Intelligence

YANG Xiao-xian¹ LV Bin²

(School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China)¹

(Department of Library, Information and Archives, Shanghai University, Shanghai 200444, China)²

Abstract To sufficiently utilize the data, information and knowledge we have, the key issue is how to converge the dispersed and tacit resources. For this purpose, this paper first analyzed the essential features of prediction market, and then gave three key algorithms, mainly including contract purchase algorithm, inter-user contract exchange algorithm and contract settlement algorithm. The fluctuant contract price reveals the trend development of future events, by which the changed price reflects the impact of all factors and the market's collective consensus to the event result. It provides a reference for event prediction. Finally, the aggregation and effectiveness of our method are demonstrated by experiments and data analysis.

Keywords Prediction market, Information discovery, Event contracts, Association recommendation, Trading algorithms design

1 引言

预测市场作为计算机科学、管理科学和社会科学等交叉领域的新兴产物,依据事件合约的价格波动揭示合约事件的发展趋势,以合约价格的变化情况反映各因素对合约事件的影响程度以及交易群体对合约事件发展的共识。国内外学者已开展了相关研究,但预测市场的概念术语并不统一^[1,2],如信息市场、决策市场、情报市场、观念期货、事件期货、虚拟市场、电子市场等。Hahn^[3]称它为信息市场(Information Markets),认为预测市场是使用特定合约进行交易的市场,其中交易者的收益由未来事件发生结果决定。Wolfers等^[4]认为预测市场是一种参与者以合约形式进行交易,而其盈亏取决于未来事件的金融市场。Berg等^[5]认为预测市场设计和运行的主要目的是挖掘分散的信息,市场以合约价格的形式聚合这些信息来预测合约描述的未来事件。

预测市场的市场表现形式与股票市场相似,交易者自由

购买和出售股票直到事件结果尘埃落定。但预测市场中的“股票”概念是指能刺激交易人员对其进行评估和交易的合约,也称事件合约或未来事件。事件合约可以是概念和判断等表现形式,因此预测市场又被称为概念期货。在预测市场中,交易人员购买或出售更多“股票”的行为推动了“股票”价格的上涨或下跌,这种现象与股票市场几乎一致。

但是从市场功能来看,不同于证券市场、期货市场和赌博市场等常见市场,预测市场的主要功能是表示价格和促进信息的发现^[6]。表1总结了这些差异。预测市场的首要目标是揭示价格,为重要问题提供准确、及时和量化的答案。而证券市场、期货市场和赌博市场则重点关注筹集资本、风险对冲和娱乐消遣。预测市场在一定程度上借鉴了理性预期理论,认为市场不仅具有汇聚信息的能力,而且能通过交易价格实现信息传递和共享。一方面,掌握重要信息的理性参与者会通过交易行为将这些信息以交易价格的形式表达出来。另一方面,参与者能够从交易价格间接获取合约相关信息,并在自身

到稿日期:2015-05-20 返修日期:2015-09-28 本文受国家自然科学基金项目(G031401),国家社会科学基金项目(11BTQ034)资助。

杨晓贤(1988—),女,博士生,主要研究方向为工作流建模与验证、预测市场与推荐技术, E-mail: yangxiaoxian@shu.edu.cn; 吕 斌(1961—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为经济信息、情报学和金融市场信息分析。

已有信息的基础之上做出理性预测,正如 Lucas^[7]的观点:人们在预期即将发生的经济变动时,总是从自身的利益出发,充分利用已获的信息,做出合理而明智的反应。

表 1 预测市场与其它市场的功能比较

目标 类型	表示价格	信息发现	娱乐消遣	风险对冲	筹集资本
预测市场	首要	次要	第三	第三	没有
期货市场	次要	第三	没有	首要	没有
证券市场	次要	第三	没有	第三	首要
赌博市场	没有	没有	首要	没有	没有

目前,预测市场已被广泛地应用于政治选举、金融统计、体育赛事、娱乐榜单以及商业决策等领域,成为美国、澳大利亚等国家和中国台湾等地区流行的预测工具之一,如 IEM(Iowa Electronic Markets), Intrade, TradeSports 和 XFuture 等知名预测市场网站。利用信息集聚机制,预测市场具有群体智慧的汇聚性和预测结果的高准确性,引起了国内外学者的高度关注:1)知识汇聚性。在应对复杂、多变和含有多个可选择方案的难题时,需要人们运用知识和直觉进行综合判断,而一个群体所掌握的知识量将大大超过其中任一个体拥有的知识。预测市场能够有效地聚集交易群体拥有的隐性知识和分散的信息。在此过程中,市场机制发挥着巨大作用。2)结果预见性。市场不仅能对公开信息做出动态反应,而且能评估相关因素的影响力,例如政策立场、竞选策略等。Berg^[8]将 5 次美国总统选举的预测市场结果与 964 次民意调查结果作了对比,发现预测市场更接近选举结果并且其准确率达 74%。Rhode 等^[9]统计了 1884 年至 1940 年期间某预测市场对 15 次美国总统选举进行预测的情况,数据表明只有 1916 年大选的预测发生了失误。3)预测市场还可帮助政府、企业等进行科学决策、分配资源以及有效地应对风险。Da-niel^[10]分析了预测市场作为内部预测工具的使用情况。Cowgil^[11]等人通过分析谷歌公司内部预测市场数据,研究预测市场在跟踪信息流上的应用。有关预测市场的研究尚未形成科学的理论知识体系。

在国内,吕等^[12]讨论了预测市场的概念和发展,比较了预测市场和其它市场的不同特点,阐述了预测市场的理论基础、预测市场的运行机制、预测市场的应用以及预测市场的条件和存在的局限性。陈等^[13]通过研究预测市场能用于预测未来事件的理论基础,揭示了其特有的市场运作特征,提出了其在情报发现中的潜在应用。李等^[14]认为预测市场不仅验证了市场汇聚分散信息、传播信息和处理信息的能力,而且为市场监管部门和市场运行主体提供了一种全新的信息收集方式。在现有研究成果中,尚未有公开的、实际运行的预测市场应用平台,也未给出如何具体地设计和实现预测市场应用系统的方法。而台湾地区的未来事件交易所^[15]自成立以来,多次以高准确率成功预测未来事件。如 2006 年 12 月准确预测台湾北高市长选举,席次准确度 100%,得票率准确度超 95%。

因此,本文基于预测市场相关的理论知识,以预测市场作为研究对象,给出了合约购买、用户间合约交易以及合约结算等关键算法,设计并开发了预测市场实验系统平台,以校园热点事件作为合约事件进行实证研究,激励参与者自由交易,对合约交易的数据进行统计和分析。

本文第 2 节给出研究动机;第 3 节针对相关实现技术问

题给出关键算法;第 4 节通过实验证明所提方法的有效性并提出基于关联度的预测推荐方法;最后总结全文并指出未来研究方向。

2 研究动机

预测市场利用信息集聚机制,汇聚群体智慧,能够准确预测事件结果。以 2012 年美国总统大选争夺数个摇摆州之一的俄亥俄州为例,台湾未来事件交易所(XFuture)按竞选党派不同制定了以下对立合约^[15]:合约 I,2012 年美国总统大选民主党赢得俄亥俄州;合约 II,2012 年美国总统大选共和党赢得俄亥俄州。

两份合约的市场价格受交易过程的影响开始不断波动。表 2 给出了两份合约的最后价格、清算价格和交易总量。合约 I 的最后价格明显高于合约 II,分别为 82.0 和 24.2,表明未来事件交易所预测民主党赢得俄亥俄州的概率为 82.0%,而共和党赢得俄亥俄州的概率仅为 24.2%。清算价格为事件的实际发生结果,其中价格为 0 表示事件不发生,价格为 100 表示事件发生,即 2012 年美国总统大选由民主党赢得了俄亥俄州这个关键的摇摆州。从数据对比中可知该市场成功预测了民主党赢得俄亥俄州。预测市场在实现预测功能的过程中具备以下特点:

1)在市场经济中,商品的价格随着供求的变化而不断发生变化,从而呈现波动性和不确定性。在预测市场中,合约价格受合约供求变化的影响而呈现一定幅度内的波动情况,合约的供求情况则取决于市场参与者对于合约描述的未来事件的评估。

2)在竞争机制和激励机制的作用下,市场参与者会充分利用一切手段收集和获取与合约事件有关的信息,加以分析后形成自己的判断。因此,合约的市场价格可充分反映市场参与者对合约事件的看法。

表 2 2012 年美国总统大选争夺俄亥俄州事件合约

合约	最后价格	清算价格	交易总量
合约 I:民主党赢得俄亥俄州	82.00	100.00	50213
合约 II:共和党赢得俄亥俄州	24.20	0.00	58980

由于预测市场的特殊性,在系统设计和实现环节需要考虑多方面内容:如何设计合约类型从而得到不同参数的市场预期;合约应如何表述才能做到易于理解又容易裁定;买卖双方如何匹配才能保证市场在任何情况下都能有效运作;选择何种形式的交易机制便于玩家理解和参与,采用现金交易还是虚拟货币交易,使用真实货币或虚拟货币进行交易是否会产生明显的预测结果差异;采用何种形式的奖励机制才能足够刺激参与者等等。针对这些问题,预测市场交易算法的设计需考虑以下关键因素:合约类型、交易机制和激励机制。

1)合约类型设计。预测市场的合约类型包括赢者通吃型(Winner Takes All)、指数型(Index)和对赌型(Spread-betting),它们分别揭示概率、期望值和中位数 3 种不同的市场预期^[4]。因此,针对不同预测事件,需要考虑选择何种合约类型以得到对应的市场预测值。

2)交易机制设计。交易平台的关键环节是如何匹配买方和卖方,促成双方达成交易。最为广泛使用的交易机制是连续双向拍卖(Continuous Double Auction),但是其并不适用于只有少数交易者的不活跃市场(Thin Markets),否则容易出

现市场流动性较差的问题^[16]。因此,需要考虑最大化地吸引参与者,提高市场活跃性。

3)激励机制设计。预测市场的激励机制包含现金(Real-Money)交易和虚拟货币(Play-Money)交易两种形式。在设计环节需要考虑市场参与者的交易心理和交易风险,以及现金交易与反赌博法律之间的制约。此外,还需要探讨虚拟货币形式应用的可行性等^[17]。

3 预测市场关键算法

本节将重点讨论合约购买、用户间合约交易以及合约结算等关键算法。为了便于表述和理解,算法以赢者通吃型合约(0—100型)为研究对象,即事件的清算价格是100或者0,分别代表合约描述的命题成立或不成立。

3.1 合约购买算法

合约购买算法主要用于购买事件合约,根据交易系统中已有的合约数和当前交易价格进行自动判断和计算,以确定购买所需的本金和暂时冻结的保证金。其中保证金是按照最差的结算情况计算的结果,即如果事件最终走向与用户购买期望相反,则扣除保证金;否则,返还保证金。令集合 $FurEvent = \{f_1, f_2, f_3, \dots, f_n\}$ 为预测市场系统发布的 n 个事件合约。用户购买的 k 个事件合约描述为集合 $UserEvent = \{ue_1, ue_2, ue_3, \dots, ue_k\}$ 是 $FurEvent$ 的一个子集,即 $0 < k \leq n$, $UserEvent \subseteq FurEvent$ 。那么合约购买模型定义如下。

定义1(合约购买模型) 用户购买事件合约定义为:

$$P_n(f, R, \delta) \rightarrow P$$

模型 P_n 表明在信息真实性 R 和事件合约走势 δ 的影响下,用户对未来事件合约 f 做出的理性的判断和评估过程,以价格 P 形式展示事件合约的发展趋势。

在合约购买过程中,信息真实性和事件合约走势只起到了参考作用。根据概率和期望这两种市场预期将合约价格类型分为百分比型%和点数型\$。当合约交易类型为百分比型时,价格取值区间为(0,100);而当合约交易类型为点数型时,价格取值区间为(0,∞)。从合约购买习惯和用户消费心理角度,购买事件合约必须满足如下条件:

1)当真实信息的奖励 R 减少时,用户的合约交易积极性下降,市场价格更新缓慢,反之则上升。例如,设置玩家预测准确率排名并依据名次提供奖品能显著提升交易活跃度和市场流动性。

2)当事件合约走势 δ 减少时,市场活跃度降低,合约价格波动幅度较低,反之则上升。例如,预测某电影票房,由于主演吸毒被拘新闻的影响系数较大,可能会引起合约走势 δ 迅速变化,使得合约的市场价格出现较大的波动情况。

定义2(购买方式) 在购买方式设计方面,给出了两种特殊形式:

1)看好方式购买(Upward Tendency Purchase, UTP),参与者购买一定数量的事件合约后自己持有全部数量,将合约价格描述为 P^+ 。

2)不看好方式购买(Bearish Purchase, BP),参与者购买一定数量的事件合约后马上将其全部发布到市场上期待与别人达成合约交易,将合约价格描述为 P^+ 。

每个合约都设置价格波动区间。在合约购买时,校验出价是否超出限定范围以避免造成价格数值上的大幅度波动,

成为干扰市场正常运作的噪音价格。算法1给出了合约购买算法。

算法1 事件合约购买算法(Purchase Algorithm)

输入:合约 f , 购买方式 w , 价格 p 以及数量 m

输出:提示用户交易是否成功

BEGIN

If $f \in UserEvent$ then

If w is UTP way then

Security Check whether $p \in P$ price interval;

Compute the cash t by the UTP way $lok \leftarrow pw(f, p, m)$;

Hold the Amount to S model;

Else if w is BP way then

Check whether $p \in P$ price interval;

Compute the cash t by the BP way $lok \leftarrow sw(f, p, m)$;

Put the Amount to sale market;

EndIf

If user account $acc \geq lok$ then

Deduct t from account that $acc \leftarrow acc - lok$;

Else

Output false as error purchase since lack of money;

EndIf

Add the User's Credits $c \leftarrow c + c'$;

Update price P^+ or P^+ of UserEvent f ;

Output true as successful purchase;

EndIf

END

算法输入参数包括期待购买的合约 f 、购买方式 w 、价格 p 以及数量 m ;算法输出返回用户交易是否成功的提示。首先,根据用户选择的购买方式 w 确定 p 的取值区间,并分别调用函数 $pw(f, p, m)$ 和 $sw(f, p, m)$ 以确定购买资金。需要考虑本金和冻结资金,令购买价格为 p ,购买数量为 m 。当以看好方式交易合约时,函数 $pw(f, p, m)$ 计算过程如下:本金需要扣除 $p * m$,保证金需要冻结 $p * m$ 。当以不看好方式交易合约时,函数 $sw(f, p, m)$ 计算过程如下:本金需要扣除 $p * m$,保证金需要冻结 $(100 - p) * m$ 。其次,算法判断用户总资金是否大于冻结资金,如果满足则扣除用户账户相应的冻结资金 $acc \leftarrow acc - lok$;否则,返回失败提示信息表明合约购买不成功。最后,当冻结资金在用户总资金中扣除操作成功后,需更新个人积分以及合约 f 的市场价格,同时返回成功提示信息。在算法执行过程中,需要查找事件合约 f 的信息,包括价格和数量。因此,对于预测市场上存在 n 个事件合约而言,该算法复杂度为 $O(n)$ 。

3.2 用户间合约交易算法

预测市场允许用户间自由交易。预测市场在设计时需考虑如何自动地选取最优价格撮合买卖双方达成交易。用户将欲出售的合约发布到交易中心,包括交易数量和价格。系统根据已发布的合约交易条件,参照价格排序机制在合约交易中心查找可以匹配的交易记录。若存在,自动促成交易;否则,进入等待状态。

定义3(用户间交易方式) 当用户购买或出售合约时,如果合约交易中心存在该合约且符合匹配规则,则优先处理。用户向交易中心购买合约时,合约的成交价描述为 P^+ 。

该过程包括合约发布算法和合约交易匹配算法。算法2给出了用户发布合约算法,其中交易中心为一个集合 $List$

$Tran = \{lt_1, lt_2, \dots, lt_n\}$, 包括用户购买集合 $ListPurchase$ 和用户卖出集合 $ListSale$, 分别存储用户购买需求和卖出需求, 即 $ListSale \cup ListPurchase = ListTran$ 。算法输出事件合约是否成功发布的提示信息。

算法 2 合约发布算法 (Contract Publishing Algorithm)

输入: 发布合约 ue_i 到合约交易中心 $ListTran = \{lt_1, lt_2, \dots, lt_n\}$

输出: 提示用户发布是否成功

BEGIN

For each $e \in ListPurchase$ where $ListUser$ has been sorted by Sort-Asc()

If ue_i is equal to e then

If $ue_i.m \geq e.m$ then

Compute the cash t by the UTP way $lok \leftarrow pw(f, p, m)$

If user account $acc \geq lok$ then

Deduct t from buyer account that $acc \leftarrow acc - lok$;

Add sale user account with $acc \leftarrow acc + lok$;

EndIf

Delete e in $ListPurchase$;

ElseIf

Add e into $ListSale$;

Update User account under BP way;

EndIf

Update price $P^{\dagger \downarrow}$ of ue_i ;

EndIf

EndForEach

If ue_i is failed to transaction then

Insert into $ListSale$;

EndIf

END

算法 2 实现遍历整个用户购买集合 $ListPurchase$ 。集合 $ListPurchase$ 采用函数 $SortAsc()$ 进行降序排序, 以选取最高的价格匹配交易。如果某合约的卖出数量大于或等于集合 $ListPurchase$ 中合约需购数时, 则促成交易并且删除集合 $ListPurchase$ 中对应合约的购买需求; 否则, 根据匹配成功后的剩余数量更新集合 $ListPurchase$ 中的合约购买数量。最后, 更新合约市场价格, 同时进行下一次遍历。

如果完成遍历后无法找到匹配交易的合约, 则放入集合 $ListSale$ 等待其他用户来购买。此时, 需要退回之前冻结的保证金 $p * m$, 同时冻结新的保证金 $(100 - p') * m$, 其中购买价格为 p , 发布价格为 p' , 购买数量为 m 。如果当前有 n 个用户参与用户间合约交易, 并且交易中心存在 m 个交易需求, 那么算法时间复杂度为 $O(n \times m)$ 。需要说明的是, 算法不仅能够定量促成事件合约交易, 而且能以最佳的价格完成交易匹配。

算法 3 合约交易匹配算法 (Price Matching Algorithm)

输入: 合约交易中心的合约集合 $ListSale = \{lt_1, lt_2, \dots, lt_n\}$, 用户购买合约 e_i 价格 p 以及数量 m'

输出: 提示用户交易是否成功

BEGIN

ForEach element $ue \in ListSale = \{lt_1, lt_2, \dots, lt_n\}$ where $ListSale$ has been sorted by $SortDes()$

If e_i equals ue then

If $m' \leq ue.m$ then

If w is UTP way then

Security Check whether $p \in P$ price interval;

Compute the cash t by the UTP way $lok \leftarrow pw(ue, p, m')$;

Hold the Amount to S model;

Else if w is BP way then

Security Check whether $p \in P$ price interval;

Compute the cash t by the BP way $lok \leftarrow sw(ue, p, m')$;

Put the Amount to sale market;

EndIf

If $acc \geq lok$ then

$m' \leftarrow 0$;

$acc \leftarrow acc - lok$;

Add the User's Credits $c \leftarrow c + c'$;

Update price $P^{\dagger}$ or $P^{\dagger \downarrow}$ of e_i ;

Update the transactioner's account $UpdateAcc()$;

EndIf

ElseIf

If w is UTP way then

Security Check whether $p \in P$ price interval;

Compute the cash t by the UTP way $lok \leftarrow pw(ue, p, m)$;

Hold the Amount to S model;

Else if w is BP way then

Security Check whether $p \in P$ price interval;

Compute the cash t by the BP way $lok \leftarrow sw(ue, p, m)$;

Put the Amount to sale market;

EndIf

If user account $acc \geq lok$ then

$m' \leftarrow m' - ue.m$;

$acc \leftarrow acc - lok$;

Add the User's Credits $c \leftarrow c + c'$;

Update price $P^{\dagger}$ or $P^{\dagger \downarrow}$ of e_i ;

Update the transactioner's account $UpdateAcc()$;

EndIf

EndIf

EndForEach

If m' is not changed then

Invoke PurchaseAlgorithm(f, w, p, m)

Else If $m' > 0$ then

Insert into $ListPurchase(e_i, m', p)$;

Else If $m' = 0$ then

Output true as successful exchange purchase;

EndIf

END

算法 3 遍历整个合约交易集合 $ListSale$ 。集合 $ListSale$ 采用函数 $SortDes()$ 进行升序排序以选取最低的价格进行交易。首先根据用户选择的购买方式 w 确定 p 的取值区间, 并分别调用 $pw(ue, p, m')$ 和 $sw(ue, p, m')$ 以确定购买资金。接着, 根据集合 $ListSale$ 中的可交易合约信息进行计算, 如果数量和冻结资金都满足购买需求, 则减去相应的数量并冻结资金, 更新合约市场价格和双方资金。如果集合 $ListSale$ 中可交易数量小于目标需要的合约数, 则在完成已有数量的交易后进入下一循环。在遍历完成后, 如果合约数量不能完全匹配, 则将剩余购买请求存入用户待交易集合 $ListPurchase$ 中; 若在任意一次遍历过程中都不存在且不发生自动匹配的情况, 则调用 $PurchaseAlgorithm(f, w, p, m)$ 算法向系统自动购买。令集合 $ListSale$ 存在 n 个事件合约, 那么算法时间复杂

度为 $O(n \times m)$,其中 m 为更新账户 $UpdateAcc()$ 所涉及的用户数。

其中 $UpdateAcc()$ 函数分为两个过程:1)结算当前交易,一方面,向卖出合约的用户归还之前冻结的保证金,另一方面,计算盈亏并更新该用户资金;2)根据成交价格 and 成交数量,计算买入者的本金和需要冻结的资金,更新该用户资金。

3.3 合约结算算法

当某合约的交易有效期限到期或事件结果提前出现时,需要对该合约持有者和卖出者进行结算,同时关闭该合约的全部交易。算法4给出了合约结算算法。

算法4 合约结算算法(Settlement Algorithm)

输入:合约结果

输出:提示结算是否成功

BEGIN

Select further event from UserEvent $ue_i \in \{ue_1, ue_2, ue_3, \dots, ue_k\}$;

If time is reached then

Input result $res \leftarrow \{true, false\}$ or $res \leftarrow n$ according to event type;

Set settlementPrice as Settlement Price

For each element in ListEvent $e \in \{le_1, le_2, \dots, le_n\}$

If e is not equal to ue_i then

Continue;

Else If e is UTP then

$org \leftarrow settlementPrice * ue_i.getCount();$

$guratee \leftarrow ue_i.getCount() * ue_i.getGuarantee();$

$acc \leftarrow acc + org + gurantee;$

Else If e is BP then

If e is first purchased by UTP Then

If the result settlementPrice is forward to user expect Then

$org \leftarrow settlementPrice * ue_i.getCount();$

Else

$org \leftarrow (ue_i.getPrice() - 100) * ue_i.getCount();$

EndIf

$guratee \leftarrow ue_i.getCount() * ue_i.getGuarantee();$

$acc \leftarrow acc + org + gurantee;$

Else If

If the result settlementPrice is forward to user expect Then

$org \leftarrow 2 * settlementPrice * ue_i.getCount();$

Else

$org \leftarrow (ue_i.getPrice() - 100) * ue_i.getCount();$

EndIf

$guratee \leftarrow ue_i.getCount() * ue_i.getGuarantee();$

$acc \leftarrow acc + org + gurantee;$

End If

EndIf

EndForEach

Output $r \leftarrow true$ successful about cash settlement;

EndIf

END

算法4根据当前时间判断是否到达合约设置的结束时间,如果到达则计算用户的本金 c 与冻结资金 ref 。录入事件合约 $ue_i \in \{ue_1, ue_2, ue_3, \dots, ue_k\}$ 的结果,设置合约结果分为:1) $res \leftarrow \{true, false\}$,标识 Yes/No 型合约事件发生与否;2)

$res \leftarrow n$,标识点数量型合约的最终数值。其次,遍历合约的交易记录集合 ListEvent $e \in \{le_1, le_2, \dots, le_n\}$ 。如果用户持有需要结算的合约,则合约本金收益=结算价格*合约持有数量,同时退回保证金。如果是低价买入高价卖出的交易形式:若事件不发生,则合约本金收益=合约出售价格*合约出售数量,并退回保证金;若事件发生,则合约本金收益=(合约出售价格-100)*合约出售数量,并退回保证金。如果以 BP 形式直接卖出合约进行交易,分两种情况:如果事件不发生(结算价格 0),则合约本金收益=2*合约出售价格*合约出售数量,并退回保证金;如果事件发生(结算价格 100),则合约本金收益=(合约出售价格-100)*合约出售数量,并退回保证金。最后,更新用户积分账户,返回结算成功的提示信息。

4 预测实验与数据分析

4.1 实验环境

采用 J2EE 技术,基于 Springframework-3.1.3.all.jar, Hibernate-4.1.8.jar 和 Struct-1.3.8-all.jar 搭建了系统框架并开发了预测市场原型系统。在实验环境方面,基于 IBM 服务器和 Window Server 2008 平台搭建实验环境,处理器为 Intel Xeon 1.87GHz,内存为 4GB,同时部署 Tomcat 作为网站服务器,使用 MySQL 作为数据库系统。

4.2 实验方法与分析

为了验证预测市场的信息发现和事件预测功能,选取学生感兴趣的事件,设置相应的事件合约。系统平台面向本校师生开放使用,并进行实验数据分析。实验重点观察未来事件合约的价格分布以及计算关联度进行预测推荐,证明预测市场在合约交易方面的有效性。

4.2.1 校园十佳歌手实例

选择校园十佳歌手比赛作为合约事件满足了预测市场选择事件的几大要求:首先,比赛分为初赛、晋级赛和总决赛,事件结果清晰易于合约清算;其次,校园十佳歌手作为青春活力的比赛项目能吸引全校学生的注意力,交易者对该事件具有较强烈的预测兴趣;最后,针对合约的描述内容,交易者能够通过各种途径较方便地收集相关信息从而判断事件结果,如亲临赛场、校园采访等。预测市场实验系统平台对第十一届校园十佳歌手大赛设置了多个对立的 YES/NO 型合约,交易有效期历时约一个月。校园十佳歌手预测合约如表3所列。

表3 校园十佳歌手预测合约

合约编号	合约内容
2014A01	土木工程系的张辰泽获第十一届校园十佳歌手大赛冠军
2014A02	经济学院的张百惠获第十一届校园十佳歌手大赛冠军
2014A03	图书情报档案系的蓝嘉获第十一届校园十佳歌手大赛冠军

图1是合约2014A01在30天内的价格走势,记录了每天不同时段的价格。该合约的初始价格维持在45左右,随着时间的推移价格开始呈阶梯状上升趋势。第1天到第6天是十佳歌手报名阶段,合约价格维持在40~50之间,表明初始情况下交易者对该合约并不看好。但在第7天到第9天区间,合约价格突变到50~55之间,是因为在随后进行的几轮晋级赛过后,张辰泽的比赛成绩逐渐被公布,使得交易者对当前合约发生的信心倍增。在第10天到第27天区间,合约价格比较平滑处于55~65之间,因为总决赛进入白热化阶段,竞争激烈。在第28天到第30天区间,合约价格处于

65~70之间,原因在于张辰泽在半决赛中表现优秀,关注度和支持率持续增加,表明合约内容最终发生的概率极大。

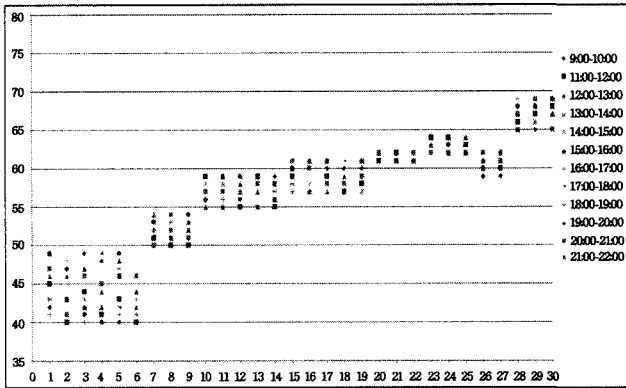


图1 合约2014A01价格走势图

图2是对立合约(2014A01,2014A02,2014A03)的每日最终价格(23:00)对照图。在总决赛前夕,合约2014A01的交易平均价格为67,高出其它全部对立合约,表示合约2014A01描述事件发生的概率最高。合约2014A03的价格则低于50,表明其最终发生的概率较低。而这一预测结果与决赛结果一致:通过激烈的决赛后,张辰泽成为十佳歌手冠军,即该平台预测成功。

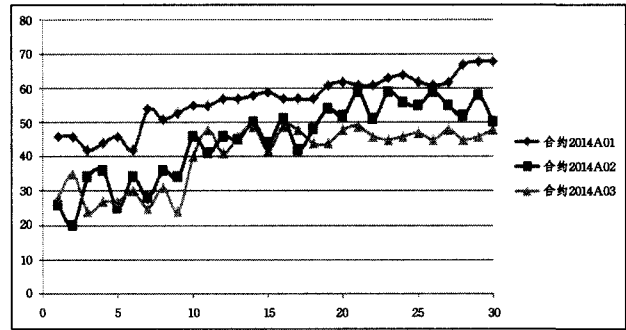


图2 合约价格每日走势对比图

预测市场是一个开放的合约交易市场,明显优于普通的民意调查或问卷调查等预测形式。民意调查具有时间和空间的局限性,是基于调查数据的一次性统计结果,而预测市场通过合约价格的变化解读交易者对选手排名和支持率等的判断,能够对影响合约价格的信息做出动态反应,并且这一过程在合约交易期内持续有效地进行。

4.2.2 基于关联度的预测推荐实例

为了改进预测市场,从用户与用户的关联度角度,给出参与者-参与者相似矩阵用于预测推荐,将其作为辅助参考工具,以提高预测准确性。

令参与者的合约交易活跃度为:

$$L=\begin{pmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & \cdots & r_{1,n-1} & r_{1,n} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & \cdots & r_{2,n-1} & r_{2,n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m-1,1} & r_{m-1,2} & \cdots & r_{m-1,n-1} & r_{m-1,n} \\ r_{m,1} & r_{m,2} & \cdots & r_{m,n-1} & r_{m,n} \end{pmatrix}$$

其中 n 为参与者人数, m 为事件合约数, $r_{i,j}$ 表示参与者 i 对合约 j 的活跃度。

定义4(参与者-参与者相似矩阵) 利用 Pearson 相关性算法可以得到:在 n 个参与者中,参与者 u 与参与者 v 之间的关联系数:

$$S_{u,v}=\frac{\sum_{i\in m}(R_{u,i}-\bar{R}_u)(R_{v,i}-\bar{R}_v)}{\sqrt{\sum_{i\in m}(R_{u,i}-\bar{R}_u)^2\sum_{i\in m}(R_{v,i}-\bar{R}_v)^2}}$$

其中, $R_{u,i}$ 是参与者 u 对合约 i 的活跃度,对应矩阵 L 中的 $r_{u,i}$, $\bar{R}_u$ 是参与者 u 的平均活跃度。得到的参与者-参与者关联性矩阵为:

$$K=\begin{pmatrix} S_{1,1} & S_{1,2} & \cdots & S_{1,t-1} & S_{1,t} \\ S_{2,1} & S_{2,2} & \cdots & S_{2,t-1} & S_{2,t} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{t-1,1} & S_{t-1,2} & \cdots & S_{t-1,t-1} & S_{t-1,t} \\ S_{t,1} & S_{t,2} & \cdots & S_{t,t-1} & S_{t,t} \end{pmatrix}$$

该矩阵将有利于进一步发现信息,从而帮助预测市场的参与者做出理性的分析和判断。为了说明预测推荐方法,设置新合约2014B01:2014年上海大学上海市理科一本录取分数线高于450分(含450分)。

选取部分预测参与者进行分析和比较,具体信息如表4所列。其中,数值表示活跃度,一表示没有参与,平均值表示参与者平均活跃度。实验过程中,统计这些参与者的活动记录,并令每次参与合约交易的行为活跃度加1,累加得到参与者对合约的活跃度。根据 Pearson 关联度计算公式得到如表5所列的参与者-参与者关联矩阵。

表4 参与者活跃度矩阵

	朱陆俊	黄陈杰	蔡斌彬	周鸿	刘梦客	徐毅理	姚佳杰	颜正杰	吕凌
2014A01	1	—	4	—	—	6	—	1	—
2014A02	2	1	—	—	3	—	5	—	3
2014A03	—	3	—	—	—	2	—	—	5
2014A04	—	5	3	1	—	—	—	4	3
2014A05	—	2	7	3	—	2	4	—	1
平均值	0.6	2.2	2.8	0.8	0.6	2	1.8	1	2.4

表5 参与者-参与者关联矩阵

	朱陆俊	黄陈杰	蔡斌彬	周鸿	刘梦客	徐毅理	姚佳杰	颜正杰	吕凌
朱陆俊	1.00	-0.67	-0.42	-0.51	0.88	0.00	0.52	-0.32	-0.17
黄陈杰	-0.67	1.00	-0.08	0.22	-0.35	-0.64	-0.35	0.68	0.57
蔡斌彬	-0.42	-0.08	1.00	0.83	-0.53	0.35	0.10	0.10	-0.77
周鸿	-0.51	0.22	0.83	1.00	-0.34	-0.16	0.37	0.00	-0.35
刘梦客	0.88	-0.35	-0.53	-0.34	1.00	-0.46	0.72	-0.32	0.17
徐毅理	0.00	-0.64	0.35	-0.16	-0.46	1.00	-0.41	-0.24	-0.63
姚佳杰	0.52	-0.35	0.10	0.37	0.72	-0.41	1.00	-0.52	-0.13
颜正杰	-0.32	0.68	0.10	0.00	-0.32	-0.24	-0.52	1.00	0.00
吕凌	-0.17	0.57	-0.77	-0.35	0.17	-0.63	-0.13	0.00	1.00

分析表 5 可得每个用户间的关联度,其中正数表示正相关,负数代表负相关,0 代表不相关。相关系数 0.8~1.0 表示极强相关,0.6~0.8 表示强相关,0.4~0.6 表示中等程度相关,0.2~0.4 表示弱相关,0.0~0.2 表示极弱相关或无相关。以参与者周鸿为例,其与蔡斌彬的关联度最大,接近 0.83。当周和蔡其中一方发生交易行为时,预测市场的推荐功能可向另一方推送相关交易信息。该方法不仅可以减缓市场流动性较差的 Thin Market 问题^[18],加速买卖行为的匹配,而且可以完善现有的交易机制,保证预测市场可以连续整合信息。为了防止群体受社会压力和信息影响力而产生群体盲思现象^[19,20],预测推荐方法要求全部匿名进行。

在上述两个实例中,预测市场的合约价格波动表明市场参与者对未来事件的不同看法,或因自身经验看涨或看跌,或因受到市场价格的影响。由于竞争、自愿和激励等市场特性的相互作用,预测市场是挖掘市场参与者所掌握的信息和信息尤其是隐性知识的良好渠道,无疑将显著提高预测分析结果的准确性并延伸情报分析的研究范围。

结束语 预测市场是利用群体智慧来预测未来事件的投机市场,通过设定一系列事件合约和交易机制吸引并激励交易者,从而实现信息发现和事件预测的功能。预测市场研究主题日渐广泛,在经济学、政治学、心理学、法学、计算机科学等领域都可以找到与之相关的研究和应用。爱荷华电子市场(IEM)预测历届美国总统大选结果的高准确率甚至都超过了传统的民意调查和政治评论专家,引起了学术界的广泛关注。维吉尼亚大学的维康实验室(Vecon Lab)、麻省理工学院的集体智慧研究中心(MIT Center for Collective Intelligence)、宾夕法尼亚州立大学的经济管理与拍卖实验室(Laboratory for Economics Management and Auctions)等都建立起了用于科学研究的预测市场^[20]。

本文针对预测市场探讨了实现过程中所涉及的合约类型、交易机制和激励机制等关键问题,设计了相应的实现算法。对事件合约进行实验,验证预测市场能汇聚群体对未来事件的判断,通过交易实验和数据分析证明预测市场在预测未来事件方面的有效性和汇聚性。在后续工作方面,将研究信息整合的连续性问题,从大数据和云计算角度,挖掘合约交易信息的相似度。同时,针对市场流动性问题,将研究基于多元线性规划技术的事件合约匹配快速查询方法,提高合约的成交量。

参 考 文 献

- [1] Georgios T, Ilias T. Prediction markets: An Extended Literature Review[J]. Journal of Prediction Markets, 2007, 1(1): 75-91
- [2] Chen Wei-yun, Li Xin, Zeng Da-jun. Prediction Markets: An Emerging Prediction Method [J]. Official Magazine of CAST-USA, 2012(3): 96-111 (in Chinese)
陈伟运, 李昕, 曾大军. 预测市场: 一种新兴的预测方法[J]. 海外学人, 2012(3): 96-111
- [3] Hahn R W, Tetlock P C. Information Markets: A New Way of Making Decisions[M]. Washington D. C: AEI Press, 2006
- [4] Justin W, Eric Z. Prediction Markets[J]. Journal of Economic Perspectives, 2004, 18(2): 107-126
- [5] Berg J E, Nelson F D, Rietz T A. Accuracy and Forecast Standard Error of Prediction Markets[EB/OL]. http://tippee.uiowa.edu/iem/archive/bnr_2001.pdf
- [6] Bell T W. Prediction Markets for Promoting the Progress of Science and the Useful Arts [J]. George Mason Law Review, 2006, 14: 37-92
- [7] Lucas R E. On the Mechanics of Economic Development [J]. Monetary Economics, 1988, 22(1): 3-42
- [8] Berg J E, Nelson F D, Rietz T A. Prediction Market Accuracy in The Long Run[J]. International Journal of Forecasting, 2008, 24(2): 285-300
- [9] Rhode P W, Strumpf K S. Historical Presidential Betting Markets[J]. The Journal of Economic Perspectives, 2004, 18(2): 127-141
- [10] O'Leary D E. Prediction Markets as a Forecasting Tool[M]. Emerald Group Publishing Limited, 2011: 169-184
- [11] Bo C, Justin W, Eric Z. Using Prediction Markets to Track Information Flows: Evidence from Google [EB/OL]. <http://www.bocowgill.com/GooglePredictionMarketPaper.pdf>
- [12] Lv Bin, Li Guo-qiu. Organization Informatics [M]. Shanghai: Shanghai World Publishing Corporation, 2013: 246-265 (in Chinese)
吕斌, 李国秋. 组织情报学[M]. 上海: 上海世界图书出版公司, 2013: 246-265
- [13] Chen Wei-lin, Deng Ying. Meet Prediction Markets—Briefly Analyzes This Prediction Tool and Its Application in Intelligence Discovering[J]. Journal of Intelligence, 2009, 28(10): 47-50 (in Chinese)
陈威霖, 邓迎. 认识“预测市场”——浅析这一预测工具及其于情报发现中的应用[J]. 情报杂志, 2009, 28(10): 47-50
- [14] Li Jian-biao, Zhao Yu-liang. Research Progress and Prospect of Prediction Market Mechanism[J]. Science of Science and Management of Science & Technology, 2012, 33(8): 106-111 (in Chinese)
李建标, 赵玉亮. 预测市场机制的研究进展与展望[J]. 科学学与科学技术管理, 2012, 33(8): 106-111
- [15] 未来事件交易所[OL]. <http://xfuture.org>
- [16] Luckner S. Prediction Markets: Fundamentals, Key Design Elements, and Applications[C]// Slovenia: 21st Bled eConference, 2008: 236-247
- [17] Slamka C, Soukhoroukova A, Spann M. Event Studies in Real and Play-Money Prediction Market [J]. The Journal of Prediction Markets, 2008, 2(2): 53-70
- [18] Janis I L. Groupthink: Psychological Studies of Policy Decisions and Fiascoes [M]. Houghton Mifflin, 1982
- [19] Straus S G, Parker A M, Bruce J B, et al. The Group Matters [R/OL]. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2009. http://www.rand.org/pubs/working_papers/WR580
- [20] Sunstein C R. Infotopia: How Many Minds Produce Knowledge [M]. Oxford University Press, 2008