

ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ КОНКУРЕНЦИИ МЕЖДУ ИННОВАТОРАМИ ПРИ КОНКУРСНОМ ОТБОРЕ ПРОЕКТОВ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ*

А.О. ГУРТУЕВ, Е.Г. ДЕРКАЧ, А.Х. САБАНЧИЕВ

Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
360000, КБР, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а
E-mail: iipru@rambler.ru

Построена теоретико-игровая модель соперничества между инноваторами в конкурсных механизмах отбора инновационных проектов с информационной асимметрией. Модель может быть использована не только для ситуаций прямой конкуренции, но и в многоуровневых системах как часть общей модели поведения агента. Предполагается, что смещение индивидуальных оценок агентов является оптимистичным. Выделены два способа представления оптимистического смещения – через отклонения в оценке ресурсов конкурента и отклонения в оценке точности собственных прогнозов. Показано, как в условиях неопределенности оптимизм агентов ведет к неоптимальным решениям и увеличению совокупных потерь полезности в системе. Продемонстрированы варианты отклонения от оптимального поведения, вызываемые комбинациями вышеуказанных способов. Описаны механизмы учета оптимистических сдвигов в оценках агентов. Получены условия равновесия Байеса-Нэша в данной модели.

Ключевые слова: информационная асимметрия, неопределенность, теория игр, ненаблюдаемое поведение, сигнализирование, оппортунизм.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы оценки неопределенности часто называются в числе наиболее значимых факторов, затрудняющих принятие решений в системах с частично независимыми агентами, как технических, так и социальных. Среди таких систем можно выделить многоуровневые, в которых эта проблема совмещается с проблемой агентского оппортунизма [1-3]. Например, венчурные фонды, где эксперты, разрабатывающие механизмы фильтрации проектов, менеджеры, принимающие решения, управляющие фонда и акционеры (владельцы) являются агентами разных уровней; распределенные иерархические системы управления, такие как региональная система управления; социальные сетевые структуры с агентами различного уровня доступа и влияния, в том числе рынки с несовершенной конкуренцией и т.д. В моделях таких систем учет гетерогенности индивидуальных агентов обычно осуществляется посредством различных функций полезности, а учет различий в уровнях – посредством моделей типа принципал-агент при моделировании межагентских отношений [2, 4]. Когда в подобной системе присутствует необходимость моделирования принятия решений с учетом неопределенности, наиболее распространенным подходом является сведение неопределенности к риску там, где это возможно [5-6]. Проблема возникает в случае, когда такое сведение невозможно без значительной потери информативности.

Более пристальный взгляд позволяет выделить две составляющие проблемы оценки неопределенности – рациональные механизмы принятия решений и учет механизма управления склонностью к риску. Если первым посвящено большое количество работ [7-9], то

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, по гранту № 19-010-00376 А

вопросы управления склонностью к риску затрагивались значительно реже [10], чаще всего склонность к риску в современных моделях принимается имманентной характеристикой агента, не подверженной изменениям [7, 11].

Вместе с тем вопрос об оптимальной склонности к риску или оптимальном соотношении агентов с разными склонностями к риску представляется важным для исследования распределенных систем принятия решений (как технических, так и социальных), которые сталкиваются с неопределенностью будущего. Такие системы основаны на агрегировании неявного знания, носителями которого являются различные агенты, для принятия решений, основанных на прогнозе будущего состояния внешней среды. Примером такой системы может служить система инновационного инвестирования, когда оценка инновационных проектов затруднена из-за их уникальности, а доля потенциально успешных проектов достаточно мала, чтобы наивный подход, основанный на первичном просеивании псевдоинноваторов [12-13] и последующем финансировании всех проектов, был нерационален. В реальности сторону предложения на рынке инновационного инвестирования представляет множество инвесторов, различающихся институциональными характеристиками и моделями принятия решений. Для некоторых из них склонность к риску нормативно ограничена (инвестиционные фонды), для других (бизнес-ангелы) – нет никаких подобных ограничений. Это значит, что эффективный механизм управления системой инновационного инвестирования (и шире – системами с гетерогенными агентами в неопределенной среде, как социальными, так и искусственными) должен учитывать существование устойчивых отклонений от риск-нейтральности в поведении агентов. В этой связи интерес представляет исследование эффективности различных экономических механизмов в мультиагентной системе с неопределенностью при различной склонности агентов к риску.

Склонность агентов к риску при моделировании социально-экономических систем обычно представляется в виде функций полезности рискованных выигрышей. Выпуклая функция полезности характерна для склонных к риску агентов, вогнутая – для агентов, избегающих риска. В качестве основы для оценки склонности к риску часто используется мера неприятия риска Эрроу-Пратта, характеризующая эластичность предельной полезности денег по объему потребления [14-16]. Для ситуаций симметричной информации и риска (т.е. известного вероятностного распределения неопределенных будущих платежей) такое представление позволяет очень хорошо учитывать индивидуальные особенности агентов при моделировании взаимодействий (рынок страхования, лотереи, фондовый рынок и т.д.). В случае же с информационной асимметрией или неопределенностью, когда параметры вероятностного распределения неизвестны такой подход не дает нужного результата, поскольку в дополнение к индивидуальной склонности к риску здесь нужно учитывать и отклонения оценки параметров вероятностного распределения будущих доходов и расходов от истинных значений.

Таким образом, возникает вопрос о способе моделирования склонности агента к риску в условиях неопределенности. Предположим, что выигрыши агентов представимы в денежной форме. Тогда отклонение от риск-нейтрального поведения является неоптимальным. В литературе показано, что это верно как для условий полной информации, так и для условий риска [16-17]. Рассмотрим ситуацию с неопределенностью как ситуацию с риском при неизвестных для агентов истинных параметрах распределения (математическое ожидание, дисперсия, асимметрия, сдвиг и т.д.). Представим склонность агента к риску в виде совокупного воздействия нескольких иррациональных отклонений оценки, которые сдвигают субъективную оценку вероятности наступления события от некоей истинной вероятности. Для конкурирующих инноваторов это может быть оптимизм относительно своей работоспособности, для бизнес-ангелов – оптимизм относительно своих способностей к оценке перспектив инновационного проекта. В случае демпинговой войны – недооценка бюджетных возможностей конкурентов. Для региональных агентов в распределенной иерархической системе – это оптимизм относительно своих возможностей привлечения внешних и внутренних ресурсов и т.д.

МОДЕЛЬ

Пусть в многоуровневой открытой системе имеются несколько агентов с различной склонностью к риску, конкурирующих за один долгосрочный контракт с принципалом.

Рассмотрим модель соперничества между двумя агентами i_1 и i_2 , каждый из которых обладает некоторым бюджетом $R_i(t)$ в момент времени $t \geq 0$. Для упрощения примем начальное значение $R_i(0)$ за единицу. R отражает возможности агента нести расходы на этапе торга за предмет контракта, например, расходы на участие в выставках, изготовление и представление опытных образцов, подготовку маркетинговых материалов.

Игра начинается с предварительного периода, за которым следует игра на истощение, если участник решает принимать участие в ней. В предварительном периоде каждый участник выбирает, участвовать в борьбе или нет, и если любой из двоих выбирает участие, то начинается игра типа war of attrition [18], иначе сохраняется статус-кво и бюджеты агентов не тратятся. Если началась война на истощение, то в каждом периоде времени $t \geq 0$ оба агента одновременно решают, продолжать бороться или покинуть игру. Продолжение борьбы влечет затраты для обоих участников. Данные затраты можно представить в виде уменьшения бюджета агента с некоторой скоростью v_i , так что затраты агента i в период времени t будут следующими:

$$\frac{dR}{dt} = -v_i R_i(t).$$

Соответственно, можно вывести, что $R_i(t) = e^{-v_i t}$.

Предположим, что v_i независимо взяты из известного агентам распределения $F_i(\hat{v}, \gamma^2)$, где любое v лежит в пределах от 0 до 1. Агент i точно знает свое значение v_i (свой тип) и имеет оценку типа другого агента (предположение относительно распределения вероятностей).

Введем понятие оптимистического смещения в оценках агентами типов конкурирующих агентов. Предположим, что ожидаемое распределение типа конкурента F_{-i} может быть представлено в виде $\tilde{F}_{-i} \left(\hat{v} + K_i, \frac{\gamma^2}{\sigma_i^2} \right)$, где $\hat{v} + K_i$ – оценка математического ожидания, а $\frac{\gamma^2}{\sigma_i^2}$ – оценка дисперсии. Рассмотрим теперь два типа оптимистических смещений оценки – «недооценка соперника» ($K_i > 0$) и «переоценка точности прогноза» ($\sigma_i^2 > 1$). Недооценка соперника – это средняя ошибка оценки вероятности раннего выхода оппонента из игры. В модели она принимает форму увеличения математического ожидания затрат в каждом периоде игры, что снижает стимулы оппонента продолжать соперничество по оценке игрока i . Второй тип оптимистического смещения – это переоценка точности своего прогноза. Чем выше σ_i , тем увереннее игрок i в своей оценке затрат оппонента.

Следует отметить два обстоятельства. Во-первых, недооценка соперника в нашей модели является отклонением от оптимального поведения, т.к. она полностью объясняет несовпадение ожидаемого распределения \tilde{F}_{-i} с истинным распределением F_{-i} . Во-вторых, недооценка соперника приводит к возникновению асимметричных конфигураций, т.к. в ее отсутствие ожидаемые распределения игроков совпадают.

На рисунке 1 для наглядности показаны четыре варианта отклонений \tilde{F}_{-i} от F_{-i} – а) недооценка соперника, б) переоценка точности, в) оба вида смещения и г) отсутствие смещения (нулевое отклонение).

В каждый период игры агенты выбирают, продолжать бороться или выйти из игры. Игра заканчивается, когда хотя бы один из них выходит из игры. Если один агент отказался от продолжения борьбы, а второй – нет, то победитель получает ресурсы проигравшего. Если оба отказались от продолжения борьбы в одном и том же раунде, они остаются при своих источниках ресурсов.

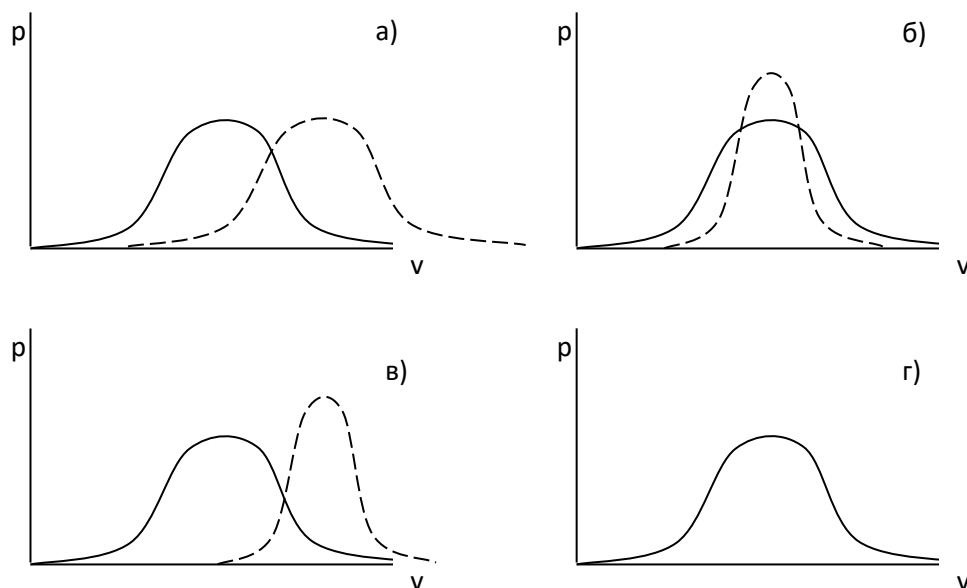


Рис. 1. Варианты отклонений, вызываемых отличиями субъективных оценок \tilde{F}_{-i} (показаны пунктиром) от истинного распределения F_{-i} (показано сплошной линией)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, если агент i намеревается выйти из игры на шаге T_i , его ожидаемый выигрыш зависит от действий его оппонента и может быть описан так:

$$U_i(T_i, T_{-i}, v_i) = \begin{cases} -v_i R_i(T_i), & T_i < T_{-i} \\ -v_i R_i(T_i) + V_i^S(T_i), & T_i = T_{-i} \\ -v_i R_i(T_i) + V_i^W(T_i), & T_i > T_{-i} \end{cases}$$

где $V_i^S(T_i), V_i^W(T_i)$ – ожидаемые конечные выигрыши соответственно в случае одновременного завершения игры и победы в игре.

Обозначив распределение ожиданий агента i относительно будущей точки выхода оппонента из игры через $\tilde{G}_{-i}(\cdot)$ и соответствующую функцию плотности вероятности через $\tilde{g}_{-i}(\cdot)$, получим ожидаемый выигрыш агента

$$V_i(T_i, v_i) = - \sum_{t=1}^{T_i} v_i R_i(t) [1 - \tilde{G}_{-i}(t)] + \int_0^{T_i} [V_i^W(x) - x] \tilde{g}_{-i}(x) dx.$$

Равновесие в данной игре находится как равновесие Байеса-Нэша [6]. Стратегия агента i описывается парой $(s_i, T_i(v_i))$, где второй элемент – это функция, определяющая оптимальное прогнозируемое время выхода из игры для каждого возможного значения v_i .

ЛИТЕРАТУРА

1. Chassang S., Padró I Miquel G., Snowberg E. Selective Trials: A Principal-Agent Approach to Randomized Controlled Experiments. Am. Econ. Rev. 2012. 102(4). С. 1279-1309.
2. Laffont J.-J., Martimort D. The Theory of Incentives I: the Principal-Agent Model. Princeton University Press. 2002.
3. Гуртуев А.О., Деркач Е.Г., Иванов З.З. Современное состояние исследований в области обеспечения исполнения контрактов в условиях неопределенности в системах инновационного инвестирования // Известия КБНЦ РАН. 2016. № 5(73). С. 62-68.

4. Riley J. Silver Signals: Twenty-Five Years of Screening and Signaling. *J. Econ. Lit.* 2001. 39. P. 432-78.
5. Ehrlinger J., Mitchum A., Dweck C. Understanding overconfidence: Theories of intelligence, preferential attention, and distorted self-assessment // *Journal of Experimental Social Psychology*, 2016. 63:94-100.
6. Fudenberg D., Tirole J. A theory of exit in duopoly. *Econometrica*, 1986. 54:943-960.
7. Arve M., Martimort D. Dynamic Procurement under Uncertainty: Optimal Design and Implications for Incomplete Contracts. *Am. Econ. Rev.* 2016. 106(11). P. 3238-74.
8. Netzer N., Scheuer F. A game theoretic foundation of competitive equilibria with adverse selection. NBER Working paper No.w18471. 2012.
9. Slantchev B., Tarar A. Mutual optimism as a rationalist explanation of war. *American Journal of Political Science*, 2011. 55(1):135-148.
10. De Haan T., Offerman T., Sloof R. Noisy signaling: Theory and experiment. *Games Econ Behav.* 2011. 73(2). P. 402-428.
11. De Luca G., Sekeris P. Deterrence in contests. *Economica*. 2013. № 80(317). С. 171-189.
12. Gurtuev A. Direct incentive-compatible mechanism for innovator-investor bargain in an innovation investment system. XIV International Scientific-Technical Conference "Dynamic of Technical Systems" (DTS-2018). MATEC Web Conf., 226 (2018) 04032.
13. Gurtuev A.O., Ivanov Z.Z., Derkach E.G., Kazancheva H.K., Dumanova A. Kh. Investor-expert interaction model in the innovation investment system with knowledge asymmetry. *Option*, 2018. Vol. 34. Núm. 14: 1549-1574.
14. Arrow K. J. Aspects of the Theory of Risk Bearing. *The Theory of Risk Aversion*. Helsinki: Yrjo Jahnssonin Saatio. Reprinted in: *Essays in the Theory of Risk Bearing*, Markham Publ. Co., Chicago, 1971, 90-109.
15. Pratt J.W. Risk Aversion in the Small and in the Large. *Econometrica*. 1964. № 32(1-2). P. 122-136.
16. Тарасова В.В., Тарасов В.Е. Неприятие риска для инвесторов с памятью: эредитарные обобщения меры Эрроу-Пратта. *Научно-исследовательский финансовый институт // Финансовый журнал*. 2017. № 2(36). С. 46-63.
17. Chemmanur T., Simonyan K. What Drives the Issuance of Puttable Convertibles: Risk-Shifting, Asymmetric Information, or Taxes? *Financial Management*. 2010. 39. P. 1027-1067.
18. Menuet M., Sekeris P. Uncertainty, Overconfidence, and War. 2019. WP hal-02155286v2.

REFERENCES

1. Chassang S., Padró I Miquel G., Snowberg E. Selective Trials: A Principal-Agent Approach to Randomized Controlled Experiments. *Am. Econ. Rev.* 2012. 102(4). С. 1279-1309.
2. Laffont J.-J., Martimort D. *The Theory of Incentives I: the Principal-Agent Model*. Princeton University Press. 2002.
3. Gurtuev A.O., Derkach E.G., Ivanov Z.Z. *Sovremennoye sostoyaniye issledovaniy v oblasti obespecheniya ispolneniya kontraktov v usloviyakh neopredelennosti v sistemakh innovatsionnogo investirovaniya* [The current state of research in the field of contract enforcement under uncertainty in innovative investment systems] // *Izvestiya KBNTS RAN* [News of the KBSC RAS]. 2016. No. 5 (73). P. 62-68.
4. Riley J. Silver Signals: Twenty-Five Years of Screening and Signaling. *J. Econ. Lit.* 2001. 39. P. 432-78.
5. Ehrlinger J., Mitchum A., Dweck C. Understanding overconfidence: Theories of intelligence, preferential attention, and distorted self-assessment // *Journal of Experimental Social Psychology*, 2016. 63:94-100.
6. Fudenberg D., Tirole J. A theory of exit in duopoly. *Econometrica*, 1986. 54:943-960.
7. Arve M., Martimort D. Dynamic Procurement under Uncertainty: Optimal Design and Implications for Incomplete Contracts. *Am. Econ. Rev.* 2016. 106(11). P. 3238-74.

8. Netzer N., Scheuer F. A game theoretic foundation of competitive equilibria with adverse selection. NBER Working paper No.w18471. 2012.
9. Slantchev B., Tarar A. Mutual optimism as a rationalist explanation of war. American Journal of Political Science, 2011. 55(1):135-148.
10. De Haan T., Offerman T., Sloof R. Noisy signaling: Theory and experiment. Games Econ Behav. 2011. 73(2). P. 402-428.
11. De Luca G., Sekeris P. Deterrence in contests. Economica. 2013. № 80(317). С. 171-189.
12. Gurtuev A. Direct incentive-compatible mechanism for innovator-investor bargain in an innovation investment system. XIV International Scientific-Technical Conference "Dynamic of Technical Systems" (DTS-2018). MATEC Web Conf., 226 (2018) 04032.
13. Gurtuev A.O., Ivanov Z.Z., Derkach E.G., Kazancheva H.K., Dumanova A. Kh. Investor-expert interaction model in the innovation investment system with knowledge asymmetry. Option, 2018. Vol. 34. Núm. 14: 1549-1574.
14. Arrow K. J. Aspects of the Theory of Risk Bearing. The Theory of Risk Aversion. Helsinki: Yrjo Jahnssonin Saatio. Reprinted in: Essays in the Theory of Risk Bearing, Markham Publ. Co., Chicago, 1971, 90-109.
15. Pratt J.W. Risk Aversion in the Small and in the Large. Econometrica. 1964. № 32(1-2). P. 122-136.
16. Tarasova V.V., Tarasov V.E. *Nepriyatiye riska dlya investorov s pamyat'yu: ereditarnyye obobshcheniya mery Errou-Pratta* [Risk aversion for investors with memory: hereditary generalizations of the Arrow-Pratt measure]. *Nauchno-issledovatel'skiy finansovyy institut // Finansovyy zhurnal* [Research Financial Institute. Financial magazine]. 2017. No. 2 (36). P. 46-63.
17. Chemmanur T., Simonyan K. What Drives the Issuance of Puttable Convertibles: Risk-Shifting, Asymmetric Information, or Taxes? Financial Management. 2010. 39. P. 1027-1067.
18. Menuet M., Sekeris P. Uncertainty, Overconfidence, and War. 2019. WP hal-02155286v2.

COMPETITION GAME MODEL BETWEEN INNOVATORS AT COMPETITION SELECTION OF PROJECTS ACCORDING TO UNCERTAINTY

A.O. GURTUEV, E.G. DERKACH, A.Kh. SABANCHIEV

Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Federal public budgetary scientific establishment "Federal scientific center
"Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"
360000, KBR, Nalchik, 37-a, I. Armand St.
E-mail: iipru@rambler.ru

We propose a game-theoretic model of resource-based competition between innovators in contest-like screening mechanisms with information asymmetry. The model can be used not only for mechanisms of direct competition, but also in multilevel systems as part of the complex agent behavior model. The bias of individual agent ratings is assumed to be optimistic. Two sources of that optimistic bias are identified – deviations in the assessment of competitor resources and deviations in the assessment of the accuracy of their own forecasts. It is shown that under conditions of uncertainty, agent optimism leads to non-optimal solutions and an increase in the total utility loss in the whole system. The mechanisms of optimistic shifts in agent estimates and agent's Bayesian adjustment are described. Bayesian equilibrium conditions are obtained in the proposed model.

Keywords: information asymmetry, uncertainty, game theory, unobservable behavior, signaling, opportunism.

Работа поступила 20.11.2019 г.