УДК 519.8

Нечіткі ігри з відношеннями переваги гравців

Сергій Мащенко

К. ф.-м. н., доцент, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64, Київ, МСП 01601, e-mail: msomail@yandex.ru

Розглядаються нечіткі ігри, які задаються відношеннями переваги гравців. Ці ігри є узагальнення нечітких ігор, у яких цілі гравців описуються функціями їх виграшу, а нечіткі множини стратегій задаються функціями належності. Досліджується можливість задання нечітких множин стратегій гравців чіткими відношеннями переваги. Формалізується поняття нечіткої мажорантної рівноваги, що є ситуацією гри, у якій кожному гравцю окремо невигідно змінити обрану ним стратегію на іншу. Доведено теорему про умови нечіткої мажорантної рівноваги, яка дозволяє параметризувати множину нечітких мажорантних рівноваг. Це дає можливість вибору конкретних рівноваг за допомогою параметрів, які характеризують перевагу кожного гравця між бажаннями одержати достовірнішу та найкращу для нього ситуацію гри за відношенням переваги.

Ключові слова: нечіткі ігри, рівновага за Нешем, відношення переваги.

Вступ. У багатьох реальних конфліктах процес прийняття рішень може бути ускладнений тим, що гравці не можуть впевнено порівнювати ситуації гри. Тому дослідження конфліктів в умовах нечіткої інформації є актуальна задача теорії ігор. У цій роботі розглядаємо рівноваги нечітких ігор, які задані відношеннями переваги гравців. Ці ігри є узагальнення нечітких ігор, у яких цілі гравців описуються функціями їх виграшу (чіткими або нечіткими), а нечіткі множини стратегій гравців задаються функціями належності. З одного боку, таке узагальнення дозволяє аналізувати конфліктні ситуації у разі неможливості побудови функцій корисності (виграшу) та функцій належності до нечітких множин стратегій гравців. З іншого боку, воно дозволяє глибше зрозуміти суть конфлікту, шляхи його розв'язання та принципи оптимальності, що використовуються.

1. Постановка нечіткої гри з відношеннями переваги гравців

Розглянемо нечітку гру G з відношеннями переваги $(X_i, P_i, R_i, i \in N)$, де $N = \{1, 2, ..., n\}$ — множина з n гравців; X_i, $i \in N$ — універсальні множини можливих стратегій гравців; P_i — чітке відношення переваги, яке задає нечітку множину стратегій гравця $i \in N$; R_i — нечітке відношення переваги на множині ситуацій гри, яке задає цільову орієнтацію гравця $i \in N$. Відношення переваги R_i, P_i, $i \in N$, визначені на універсальній множині ситуацій гри $X = \prod_{i \in N} X_i$. Кожен із гравців прагне одночасно одержати якомога достовірнішу та переважаючу для нього особисто ситуацію гри.

Відношення переваги (чіткі та нечіткі) в цій роботі розглядаємо у доволі широкому сенсі, як нестрогі впорядкування, тобто бінарні повні відношення.

Якщо обґрунтування використання відношення переваги (чіткого або нечіткого) для опису цілі особи, що приймає рішення, є широко відоме та докладно описане, зокрема у працях [1, 2], то на використанні чіткого відношення переваги для задання нечіткої множини стратегій гравців слід зупинитися окремо.

Класичний спосіб [1] визначення нечіткої множини полягає у заданні, так званої, функції належності, що визначена на деякій універсальній (чіткій) множині та набуває значень із проміжку [0, 1], які характеризують ступінь належності (вірогідність, достовірність) альтернативи до нечіткої множини. Однак доволі часто виникають ситуації, коли дуже важко зіставити кожній альтернативі (стратегії) її ступінь належності. У цих випадках, зазвичай, покладаються на різноманітні процедури експертного оцінювання, які дозволяють це зробити краще або гірше.

У цій роботі пропонується підхід, який ґрунтується на припущенні, що особа, яка приймає рішення, може завжди порівняти пару альтернатив і вказати яка є кращою (з погляду на належність до нечіткої множини) за іншу. Таким чином, можна побудувати чітке відношення переваги, яке буде характеризувати нечітку множину без задання функції належності. Далі будемо називати це відношення переваги відношенням належності.

Перейти до класичного задання нечіткої множини з допомогою функції належності можна, якщо визначити функцію корисності (належності) таким чином.

Нехай на універсальній множині альтернатив X задано нестроге впорядкування R, а його асиметрична частина $S = R \setminus R^{-1}$ — строге впорядкування. Тоді функцією корисності (у даному разі — функцією належності) називається дійснозначна функція $\mu : X \to [0,1]$, якщо $xSy \Leftrightarrow \mu(x) > \mu(y), \forall x, y \in X$. Алгоритм побудови функції корисності закладено у доведенні теореми про її існування [3].

Виникає природне питання — чому такий спосіб задання нечіткої множини є загальніший, ніж класичний? Відповідь на це питання може дати теорія корисності [3]. Виявляється, що функція корисності для строгих впорядкувань існує тоді й лише тоді, коли множина альтернатив X є або скінченна, або, якщо нескінченна, то містить щільні у ній за відношенням домінування зліченні підмножини. Нагадаємо, що підмножина A множини X називається щільною за відношенням домінування S, якщо для $\forall x, y \in X \setminus A \; \exists z \in A : xSz \,\&\, zSy$. Прикладом відношення, для якого неможливо побудувати функцію корисності, є відношення лексикографічного порядку [3].

Отже, можна зробити такий висновок. Можуть існувати такі ситуації прийняття рішення, у яких особа, що приймає рішення, може порівнювати лише пари альтернатив. Функції корисності (належності) для таких бінарних відношень можуть не існувати, тобто відношення належності є досконаліший інструмент задання нечіткої множини, ніж функція належності.

Якщо нечітку множину A з універсальної множини X можна задати функцією належності $\mu_A: X \to [0, 1]$ апріорі, то відповідне чітке бінарне відношення належності R буде визначатися функцією належності

$$r(x,y)=\begin{cases}1, & \mu_A(x)\geq\mu_A(y),\\ 0, & \mu_A(x)<\mu_A(y),\end{cases}$$

для $\forall x,y\in X$, а відповідне відношення домінування $S=\overline{R^{-1}}$. Далі будемо називати його відношенням строгої належності. Відзначимо, що у цьому випадку, відношення S буде антирефлексивне й асиметричне (строге впорядкування), а відношення R — повне (тому рефлексивне) та симетричне (нестроге впорядкування).

2. Нечіткі мажорантні рівноваги

Повернемося до розгляду нечіткої гри $\langle X_i, P_i,\ R_i;\ i\in N\rangle$ з відношеннями переваги. Слід зауважити, що для будь-якого фіксованого (і відомого гравцеві $i\in N$) набору стратегії $\tilde{x}_{N\setminus i}=(\tilde{x}_1,...,\tilde{x}_{i-1},\tilde{x}_{i+1},...,\tilde{x}_n)$ його доповнювальної коаліції $N\setminus\{i\}$ перед гравцем i стоїть задача вибору найбільш переважної для нього стратегії одночасно за двома відношеннями P_i та R_i. Відношення P_i, $i\in N$, визначені у різних просторах, до яких належать відповідні універсальні множини стратегій X_i, $i\in N$, а відношення R_i взагалі визначено на універсальній множині ситуацій гри $X=\prod_{i\in N}X_i$.

Розглянемо декартів добуток $P=\prod_{i\in N}P_i$. Це буде чітке відношення належності, яке буде визначене на універсальній множині ситуацій і буде характеризувати, з одного боку, нечітку множину ситуацій гри, а з іншого боку, нечітку множину стратегій гравця i для фіксованого набору стратегій доповнювальної коаліції $N\setminus\{i\}$. Таким чином, приходимо до гри $\langle X_i,(P,\ R_i);\ i\in N\rangle$, у якій множини стратегій гравців є чіткі — це універсальні множини стратегій X_i, $i\in N$, а ціллю кожного з них є вибір переважаючої для себе ситуації гри за парою відношень (P, R_i).

Нехай $T=\overline{(P)^{-1}}$ — відношення строгої належності до множини ситуацій гри, індуковане відношенням належності P. Очевидно, $T=\prod_{i\in N}T_i$, де $T_i=\overline{(P_i)^{-1}}$ є відношення строгої належності до множини стратегій гравця $i\in N$. Нехай також S_i є нечітке відношення домінування гравця $i\in N$, індуковане його нечітким відношенням переваги R_i на множині ситуацій гри.

Для кожного гравця $i\in N$ подамо пару відношень (T, S_i) агрегованим відношенням $F_i=T\bigcap S_i$, яке будемо називати агрегованим нечітким відношенням домінування гравця $i\in N$. Згаданий спосіб агрегації пари відношень (T, S_i) приводить до такого розуміння агрегованого нечіткого відношення домінування F_i. Будемо вважати, що ситуація x сильно домінує ситуацію y для гравця $i\in N$, якщо x домінує y за відношеннями T й S_i. Якщо припустити існування функцій корисності t: $X\to E^1$ та s_i: $X\to E^1$ за відповідними відношеннями T й S_i, то згадане вище тлумачення агрегованого відношення F_i буде відповідати відомій [4] слабкій аксіомі Парето порівняння альтернатив $\left(x\succ\succ y\Leftrightarrow t(x)>t(y),\ s_i(x)>s_i(y)\right)$.

Якщо гравці повністю інформовані, то їм було б розумно укласти певну необов'язкову угоду, яку було б невигідно жодному з них порушувати. Ідея стабільної угоди приводить до такого означення.

Уведемо $S^{NE(i)}$ — нечітке відношення *NE*-домінування гравця $i \in N$, породжене деяким нечітким строгим впорядкуванням *S*. Будемо говорити, що $xS^{NE(i)}y$, якщо $(xSy) \wedge (x_{N\backslash i} = y_{N\backslash i})$. Очевидно, $S^{NE(i)} \subseteq S$ — асиметричне відношення, а тому є нечітким строгим впорядкуванням. Тоді нечіткому строгому впорядкуванню S_i буде відповідати нечітке відношення *NE*-домінування $S_i^{NE(i)}$, $i \in N$. Що стосується чіткого відношення *NE*-домінування $T^{NE(i)}$, то оскільки $T = \prod_{i \in N} T_i$, а відношення T_i, $i \in N$ визначені у відповідних просторах універсальних множин стратегій гравців, то $T_i^{NE(i)} = T_i, i \in N$, і тому $T^{NE(i)} = \prod_{i \in N} T_i$. Аналогічно, агрегованому нечіткому відношенню домінування $F_i = T \bigcap S_i$ гравця $i \in N$ буде відповідати побудоване за означенням нечітке відношення *NE*-домінування $F_i^{NE(i)}$. До речі очевидно, що $F_i^{NE(i)} = T^{NE(i)} \bigcap S_i^{NE(i)}$.

Чітку множину $FME = \left\{ x^* \in X \middle| y\, \overline{F_i^{NE(i)}} x^*, \forall y \in X, \forall i \in N \right\}$ назвемо носієм нечітких мажорантних рівноваг гри *G*.

Якщо повернутися до нечітких строгих впорядкувань F_i, T_i й S_i, $i \in N$, то носій нечітких мажорантних рівноваг гри *G* можна подати у вигляді

$$FME = \left\{ x^* \in X \middle| \left(y_i, x^*_{N\backslash i} \right) \overline{F}_i x^*, \forall y_i \in X_i, \forall i \in N \right\} =$$
$$= \left\{ x^* \in X \middle| \left(y_i \overline{T}_i x_i^* \right) \vee \left(y_i, x^*_{N\backslash i} \right) \overline{S}_i x^*, \forall y_i \in X_i, \forall i \in N \right\} =$$
$$= \left\{ x^* \in X \middle| \max_{i \in N} \max_{y_i \in X_i} f_i \left(\left(y_i, x^*_{N\backslash i} \right), x^* \right) = 0, \forall i \in N \right\} =$$
$$= \left\{ x^* \in X \middle| \max_{i \in N} \max_{y_i \in X_i} \min \left\{ t_i \left(y_i, x_i^* \right), s_i \left(\left(y_i, x^*_{N\backslash i} \right), x^* \right) \right\} = 0, \ \forall i \in N \right\},$$

де f_i, s_i — функції належності до відповідних нечітких відношень F_i, S_i, $i \in N$; t_i: $X_i \to \{0, 1\}$ — характеристична функція відношення належності T_i, $i \in N$.

Нечіткою множиною мажорантних рівноваг гри *G* будемо називати нечітку множину, яка задається чітким відношенням належності $E \subseteq X \times X$ так, що $xEy \Leftrightarrow xTy$ та $x, y \in FME$.

Стабільність будь-якої нечіткої мажорантної рівноваги $x^* = \left(x_i^* \right)$ гри *G* можна пояснити тим, що кожному гравцю $i \in N$ окремо, буде невигідно змінити свою стратегію x_i^* на іншу y_i, оскільки ситуація $\left(y_i, x^*_{N\backslash i} \right)$ не буде домінувати x^*

ISSN 1816-1545 Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології
2010, вип. 11, 105-112

за жодним із відношень: T — належності до нечіткої множини ситуацій гри, S_i — домінування на множині ситуацій гри.

Означення нечіткої множини мажорантних рівноваг гри G, на жаль, не дає рекомендацій щодо вибору конкретної ситуації з цієї множини, яка б була основою стабільної угоди між гравцями. Це пояснюється тим, що усі елементи цієї множини є непорівнянні для кожного гравця $i \in N$ між собою за відношеннями T й S_i. Тому далі розглянемо питання вибору конкретних мажорантних рівноваг.

3. Умови нечіткої мажорантної рівноваги

Розглянемо умови, які дозволять параметризувати множину нечітких мажорантних рівноваг.

Теорема 1. Якщо ситуація $x^* \in FME$, то завжди існує такий вектор параметрів $\mu = (\mu_i)_{i \in N} \in M = \left\{\mu = (\mu_i)_{i \in N} \middle| \mu_i \in [0,1], i \in N\right\}$, зокрема з компонентами $\mu_i = \bar{\mu}_i = 1/2$, $i \in N$, що для $\forall i \in N, \forall y_i \in X_i$ справджується

$$\min\left[1 + t_i\left(y_i, x_i^*\right) - \mu_i, s_i\left(\left(y_i, x_{N\backslash i}^*\right), x^*\right) + \mu_i\right] \le \min\left(1 - \mu_i, \mu_i\right). \tag{1}$$

Будь-який розв'язок системи нерівностей (1) для заданого $\mu \in M$ є нечітка мажорантна рівновага.

Доведення. Нехай x^* — задовольняє (1) для деяких значень $\mu \in M$. Звідси випливає, що $1 + t_i\left(y_i, x_i^*\right) - \mu_i \le 1 - \mu_i$ або $s_i^j\left(\left(y_i, x_{N\backslash i}^*\right), x^*\right) + \mu_i^j \le \mu_i^j$ для $\forall i \in N$, $\forall y_i \in X_i$. Тоді $t_i\left(y_i, x_i^*\right) = 0$ або $s_i\left(\left(y_i, x_{N\backslash i}^*\right), x^*\right) = 0$. Тому $f_i\left(\left(y_i, x_{N\backslash i}^*\right), x^*\right) = 0$, а звідси $\overline{y F_i^{NE(i)}} x^*$ для $\forall y_i \in X_i, \forall i \in N$. Тоді $x^* \in FME$.

Виберемо вектор $\bar{\mu} = (\bar{\mu}_i)_{i \in N}$ з компонентами $\bar{\mu}_i = 1/2, i \in N$. Очевидно, що $\bar{\mu} \in M$. Із того, що $x^* \in FME$ випливає $\overline{y F_i^{NE(i)}} x^*, \forall y \in X, \forall i \in N$. Звідси одержуємо $t_i\left(y_i, x_i^*\right) = 0$ або $s_i\left(\left(y_i, x_{N\backslash i}^*\right), x^*\right) = 0$. Тому справджується $1 + t_i\left(y_i, x_i^*\right) - \mu_i \le 1 - \mu_i$ або $s_i^j\left(\left(y_i, x_{N\backslash i}^*\right), x^*\right) + \mu_i^j \le \mu_i^j$ для $\forall i \in N, \forall y_i \in X_i$. Оскільки для $\forall i \in N$ значення $1 - \bar{\mu}_i =$ $= 1/2$ будуть справедливі нерівності: $\min\left[1 + t_i\left(y_i, x_i^*\right) - \bar{\mu}_i, s_i\left(\left(y_i, x_{N\backslash i}^*\right), x^*\right) + \bar{\mu}_i\right] \le 1/2 =$ $= \min\left(1 - \bar{\mu}_i, \bar{\mu}_i\right), \forall i \in N, \forall y_i \in X_i$. Теорему доведено.

Параметри $\mu_i \in [0, 1]$ і дозволяють гравцю $i \in N$ виразити свою перевагу між відношенням строгої належності до множини нечітких стратегій і відношенням домінування на множині ситуацій гри. Так, наприклад, якщо він вважає, що для нього найважливіше відношення строгої належності, то йому слід вибрати $\mu_i = 1$. Вибираючи різні параметри $\mu_i \in M_i$, $i \in N$, можна знаходити ті або інші нечіткі мажорантні рівноваги, розв'язуючи нерівності (1). З іншого боку, кожна нечітка мажорантна рівновага характеризується деякою множиною векторів $\mu \in M$, і, відповідно, перевагою між відношенням строгої належності до множини нечітких стратегій і відношенням домінування на множині ситуацій гри.

Умови рівноважності можуть бути значно спрощені, якщо відношення строгої належності та домінування гравців задовольняють додатковим умовам.

Теорема 2. Нехай множина ситуацій гри G є або скінченна, або, якщо нескінченна, то містить щільні у ньому за кожним відношенням строгої належності та домінування зліченні підмножини. Ситуація $x^* \in FME$ тоді й лише тоді, коли існують функції $u_i^* : X \to E^1$, $i \in N$, які для $\forall y_i \in X_i \ \forall i \in N$ задовольняють такі умови

$$u_i^*\left(x^*\right) > u_i^*\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) \Leftrightarrow x^* F_i\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right), \tag{2}$$

$$u_i^*\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) \le u_i^*\left(x^*\right). \tag{3}$$

Доведення. Приймемо протилежне $x^* \notin FME$. Тобто $\exists y \in X \, \exists i \in N$, що $y F_i^{NE(i)} x^*$. Тоді для вихідного відношення F_i одержимо $\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) F_i x^*$. Звідси з (2) випливає $u_i^*\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) > u_i^*\left(x^*\right)$, що суперечить умові (3).

Згідно цієї теореми, а також відомої теореми [3] про існування функції корисності для відношень домінування, для $\forall i \in N$ існують функції $t_i : X \to E^1$, $s_i : X \to E^1$, які для $\forall x, y \in X$ задовольняють відношенням: $t_i(x) > u_i(y) \Leftrightarrow x T_i y$, $s_i(x) > s_i(y) \Leftrightarrow x S_i y$. Зокрема ці відношення будуть виконуватися для $x = x^*$, $y = (y_i, x^*)$ та для $\forall i \in N \ \forall y_i \in X_i$, тому

$$t_i\left(x^*\right) > u_i\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) \Leftrightarrow x^* T_i\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right), \ \ s_i\left(x_i^*\right) > s_i\left(y_i\right) \Leftrightarrow x_i^* S_i y_i. \tag{4}$$

Нехай $x^* \in FME$. Звідси згідно формул (2) можна записати відношення: $y_i \overline{T_i} x_i^* \vee \left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) \overline{S_i} x^*$ для $\forall y_i \in X_i \ \forall i \in N$. Тому за (4) одержимо $t_i\left(x^*\right) \le$ $\le u_i\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right)$ або $s_i\left(x^*\right) \le s_i\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right)$ для $\forall y_i \in X_i \ \forall i \in N$. Позначимо $u_i^*\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) =$ $= \min\left[t_i\left(y_i\right) - t_i\left(x_i^*\right), s_i\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) - s_i\left(x^*\right)\right]$. Тоді для $\forall y_i \in X_i \ \forall i \in N u_i^*\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) \le 0 =$ $= u_i^*\left(x_i^*, x_{N\setminus i}^*\right)$, тобто виконуються нерівності (3). Покажемо, що відношення (2) також справджується. Перепишемо відношення (4) для $\forall i \in N$ у такому вигляді: $t_i\left(x^*\right) > u_i\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right), s_i\left(x_i^*\right) > s_i\left(y_i\right) \Leftrightarrow x^* F_i\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right)$. Звідси випливає: $u_i^*\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) =$ $= \min\left[t_i\left(y_i\right) - t_i\left(x_i^*\right), s_i\left(y_i, x_{N\setminus i}^*\right) - s_i\left(x^*\right)\right] > 0 = u_i^*\left(x^*\right)$. Теорему доведено.

Слід відзначити, що нерівності (3) є визначення [5] рівноваги за Нешем ситуації x^*, але теорема не стверджує існування деяких універсальних функцій виграшу гравців, які здатні описати множиною рівноваг Неша усю множину нечітких мажорантних рівноваг. Теорема лише вказує на існування відповідних функцій виграшу гравців для кожної конкретної нечіткої мажорантної рівноваги, які здатні на це.

Висновки. Таким чином, проведені дослідження показують можливість задання нечітких множин стратегій гравців чіткими відношеннями переваги (належності), які характеризують ступінь належності до них елементів універсальних множин стратегій. Формалізоване у роботі поняття нечіткої множини мажорантних рівноваг дає можливість гравцям укладати стабільні угоди в умовах нечіткої гри. Теорема про умови нечіткої мажорантної рівноважності дає можливість вибору конкретних рівноваг за допомогою параметрів, які характеризують переваги гравців між бажаннями одержати якомога достовірнішу та переважаючу для них ситуацію гри.

Література

[1] *Орловский, С. А.* Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / *С. А. Орловский.* — Москва: Наука, 1981. — 208 с.

[2] *Мащенко, С. О.* Индивидуально-оптимальные равновесия некооперативных игр в отношениях предпочтения / *С. О. Мащенко* // Кибернетика и системный анализ. — 2009. — № 1. — С. 171-179.

[3] *Фишберн, П.* Теория полезности для принятия решений / *П. Фишберн.* — Москва: Наука, 1978. — 352 с.

[4] *Подиновский, В. В.* Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / *В. В. Подиновский, В. Д. Ногин.* — Москва: Наука, 1982. — 254 с.

[5] *Мулен, Э.* Теория игр с примерами из математической экономики / *Э. Мулен.* — Москва: Мир, 1985. — 200 с.

Fuzzy games with relations of players preference

Sergey Mashchenko

The fuzzy games which are set by players relations of preference are considered. These games are generalization of fuzzy games in which players purposes are described by functions of their winning, and fuzzy sets of strategies are set by functions of belonging. Possibility of description of fuzzy sets of players strategies is explored by clear relations of preference. Notion of fuzzy majorant equilibrium, which is the situation of game in which every player is separately unprofitable to change select to them strategy on other, is formalized. The theorem about conditions of fuzzy majorant equilibrium is proved, which allows parametrized the set of fuzzy majorant equilibriums. It give a possibility to choice concrete equilibrium by means parameters which characterize the preference of every player between the desires to get more reliable and more preference for them situation of game.

Нечеткие игры с отношениями предпочтения игроков

Сергей Мащенко

Рассматриваются нечеткие игры, которые задаются отношениями предпочтения игроков. Эти игры являются обобщением нечетких игр, в которых цели игроков описываются функциями их выигрыша, а нечеткие множества стратегий задаются функциями принадлежности. Исследуется возможность описания нечетких множеств стратегий игроков четкими отношениями предпочтения. Формализируется понятие нечеткого мажорантного равновесия, которое представляет собой ситуацию игры, в которой каждому игроку отдельно невыгодно изменить избранную им стратегию на другую. Доказана теорема об условиях нечеткого мажорантного равновесия, которая позволяет параметризировать множество нечетких мажорантных равновесий. Это дает возможность выбора конкретных равновесий посредством параметров, которые характеризуют предпочтение каждого игрока между желаниями получить более достоверную и более предпочтительную для них ситуацию игры.

Представлено кандидатом фізико-математичних наук М. Дзюбачиком

Отримано 24.12.09