

УДК 004.832

Д.В. Пинчер, В.Л. Токарев

## Оценивание стратегии противодействующей стороны

Предлагается решение задачи оценивания стратегии противодействующей стороны в задаче принятия решения на основе использования лингвистической модели.

**Ключевые слова:** оценивание стратегии, моделирование, лингвистическая модель, обучение, принятие решений.

### Введение

В настоящее время в таких отраслях, как экономика, информационная безопасность и им подобных, требуется выполнять наиболее рациональные и эффективные действия в условиях противодействия. Одним из условий эффективного решения данной задачи является умение оценивать стратегию противодействующей стороны.

Под стратегией понимается способ использования средств и ресурсов, направленный на достижение цели субъекта, реализуемый посредством комплекса действий (ходов), обычно предпочитаемого субъектом для решения различных задач его жизнедеятельности [1].

На важность решения такой задачи указывалось в трудах [2–4].

### Постановка задачи

Задачу оценивания стратегии противодействующей стороны (ПС) можно рассмотреть с позиций теории игр. Тогда в задачах поддержки принятия решений под стратегией будем понимать траекторию достижения цели – выбранная субъектом последовательность изменяющихся состояний  $\{\sigma_k \in \Sigma, k=0,1,\dots,n\}$  игры. Здесь  $\sigma_0$  – исходное состояние;  $\sigma_n$  – её конечное состояние;  $k$  – дискретное время, которое синхронизировано с очередными ходами  $x_k^{\text{ЛПР}}$  и  $x_k^{\text{ПС}}$  субъектов – участников игры: лица, принимающего решение (ЛПР), с одной стороны, и противодействующей стороны (ПС) – с другой, и поэтому оно отличается от равномерного дискретного времени. Целью игры для ЛПР является желаемое состояние  $\sigma_n^{\text{ЛПР}}$ , а для ПС – желаемое состояние  $\sigma_n^{\text{ПС}}$ . То есть стратегия ПС – это  $\varpi^{\text{ПС}} = \{0, \dots, n\} \in \Xi(g)$ , где  $\Xi(g)$  – конечное множество возможных стратегий достижения цели  $g$  с небольшой мощностью.

Каждый очередной ход  $x_{k+1}$  является результатом принятия решения субъектом на основе анализа имеющейся в его распоряжении информации

$$x_{k+1}^i = F_i(x_k^i, \sigma_k, \varpi^i), \quad i \neq j, \quad i, j \in \{\text{ЛПР}, \text{ПС}\}, \quad (1)$$

где  $F_i(\cdot)$  – некоторое правило принятия решения, а  $\varpi^i$  – выбранная стратегия  $i$ -м субъектом. Причем доступной для непосредственного наблюдения  $i$ -м субъектом является только информация  $I_k^i$ , заключающаяся в наборе значений  $\langle x_{k-1}^i, x_{k-1}^j, \sigma_k \rangle$ .

В свою очередь, каждое состояние  $\sigma_k$  является результатом очередной пары ходов

$$\langle x_{k-1}^i, x_{k-1}^j \rangle \rightarrow \sigma_k^s, \quad \sigma_k^s \in \Sigma, \quad (2)$$

где  $\Sigma$  – конечное множество состояний игры.

Поэтому задача выбора хода для любой из сторон является задачей принятия решений в условиях неопределенности (например, для ЛПР не известна стратегия  $\varpi_k^{\text{ПС}}$ , так же (по предположению) как и для ПС не известна  $\varpi_k^{\text{ЛПР}}$ , если ЛПР сам не раскрыл её каким-либо образом).

Из выражения (1) следует, что для обеспечения должной эффективности поддержки принятия решения относительно очередного хода  $i$ -го субъекта необходима процедура, позволяющая получить оценку стратегии  $j$ -го субъекта. Задачу получения такой оценки можно сформулировать следующим образом:

$$\varpi_k^j = \arg \min_{W_k^i} \rho(x_k^i(\varpi^j), x_k^i(\varpi^j)), \quad (3)$$

где  $W_k^i = \{x_m^i, x_m^j, \sigma_m, m = k-1, k-2, \dots, k-N\}$  – выборка данных, собранная в течение некоторого времени, в которых зафиксированы ходы двух сторон  $x_m^i, x_m^j$  и полученные в результате этих ходов состояния;  $\rho(\cdot)$  – это некоторая метрика, которая позволяет сравнивать различные решения  $x_p^i, x_q^j \in X_k$ ,  $X_k$  – допустимое конечное множество решений для данного состояния игры  $\sigma_k$ ;  $x_k^i(\varpi^j)$  – решение, полученное на основе имеющейся информации  $I_k^i$  и полученной оценки  $\varpi_k^j$ , а  $x_k^i(\varpi^j)$  – решение, полученное на основе той же информации  $I_k^i$  и точном знании стратегии  $\varpi_k^j$ , полученном каким-то путем, например в результате разведывательных действий.

Таким образом, предполагая, что известными для  $i$ -го субъекта являются: 1) цель  $j$ -го субъекта  $g = \sigma_n^j$ ; 2) выборка данных  $W_k^i$ ; 3) исходное состояние  $\sigma_0$ , требуется получить оценку  $\varpi_k^j \in \Xi$ , отвечающую требованию (3), считая множество  $\Xi$  также известным. Предполагается также, что выбранная  $j$ -м субъектом стратегия в ходе текущей «игры» не меняется.

Сформулированная в таком виде задача является задачей классификации, решить которую предлагается следующим образом.

На первом этапе по имеющейся выборке  $W_k^i$  строится модель процесса (1). На втором – из множества  $\Xi$  выделяется подмножество

$$\Xi' = \left\{ \varpi^j = F_j^{-1} \left( x_m^j, x_m^i, \sigma_m \right) \right\}, \quad m = k-1, k-2, \dots, k-t, \quad t \ll N, \quad (4)$$

для которого справедливо  $|\Xi'| < |\Xi|$ . Выполняется тем самым грубая классификация. На третьем этапе из множества  $\Xi'$  с помощью «тонкого» классификатора выбирается одна оценка  $\varpi^j$ , наилучшим образом отвечающая требованию (3).

*Примечание.* При сравнительно небольшой мощности  $|\Xi|$  для получения оценки (3) может оказаться достаточным выполнения только первого этапа.

#### Решение задачи

Классификаторы (и грубый, и тонкий) предлагается строить в виде двухуровневой лингвистической модели, которая позволяет получить закономерность вида (1) в среде разнотипных данных [5].

Общий вид такой модели может быть представлен как нечёткое отношение  $LIN: \mathfrak{Z}(X^m) \rightarrow \mathfrak{Z}(Y^n)$ , или  $LIN: X^m \rightarrow Y^n$ , описываемое выражением

$$LIN = \bigcup_{i=1}^k (a_{1,i} \cap a_{2,i} \cap \dots \cap a_{m,i}) \rightarrow (b_{1,i} \cap b_{2,i} \cap \dots \cap b_{n,i}),$$

где  $\mathfrak{Z}(X^m), \mathfrak{Z}(Y^n)$  – множества нечётких подмножеств, определённых на базовых множествах  $X^m = \{x_1, \dots, x_2, \dots, x_m\}$ ,  $Y^n = \{y_1, \dots, y_2, \dots, y_n\}$ ;  $a_{i,j} \in A_j$ ,  $j = 1, \dots, m$ ;  $i = 1, \dots, k$ ;  $k$  – число правил;  $A_j$  – множество значений входных лингвистических переменных, определённых на множествах  $X_j \subseteq X^m$ ,  $b_{l,i} \in B_l$ ,  $l = 1, \dots, n$ ;  $i = 1, \dots, k$ ;  $B_l$  – множество значений выходных лингвистических переменных, определённых на множествах  $Y_l \subseteq Y^n$ ,  $A^m = \times_{j \in J} A_j, B^n = \times_{l \in L} B_l$ .

Значениям лингвистических переменных  $a_{i,j} \in A_j$  соответствуют нечёткие множества с функцией принадлежности  $\mu_{a_{ij}}(X_j)$ , а значениям лингвистических переменных  $b_{l,i} \in B_l$  – нечёткие подмножества с функцией принадлежности  $\mu_{B_{ij}}(Y_l)$ .

При построении такой модели должны быть решены следующие задачи: 1) построение двухуровневой структуры LIN, выбирая переменные для грубой и тонкой части модели; 2) разбиение по признаку вариативности выборки данных  $W_k^i$  на две подвыборки: обучающую  $W_k^L$  (с большей вариативностью) и контрольную  $W_k^C$ ; 3) составление первого приближения  $LIN^{(1)}$  с помощью информационной меры, используя подвыборку  $W_k^L$ ; 4) настройка модели с помощью тестового критерия, используя подвыборку  $W_k^C$ ; 5) оценка адекватности полученной  $LIN^{(2)}$  по новым наблюдениям [5].

Если адекватность модели окажется достаточной, определяется подмножество  $\Xi'$  методом инвертирования модели, используя грубую (нижнюю) часть  $LIN^{(2)}$ , затем отыскивается путь в графе, отображающем тонкую (верхнюю) часть  $LIN^{(2)}$ , наилучшим образом, соответствующей значениям переменных тонкой части. Найденный путь в графе, отображающем  $LIN^{(2)}$ , и будет искомым оценкой стратегии ПС, отвечающей требованию (3). Это непосредственно следует из теоремы, доказанной в [5].

#### **Пример использования предлагаемого метода**

Описанный метод исследовался на примере решения задачи оценивания стратегии конкурента на рынке бытовой техники. Предположим, нам известна цель конкурента – захват этого рынка в некотором населённом пункте. Также нам известны выполненные им действия: увеличение количества рекламы стиральных машин, снижение цен на эту группу товаров и проведение лотерей для всех покупателей.

Грубый классификатор при решении задачи описанным методом предлагает два возможных варианта – ликвидация старых нераспроданных моделей стиральных машин и привлечение новых покупателей. Тонкий классификатор из указанного множества вариантов позволяет выбрать второй – определяющим фактором служит то, что конкурент проводит лотереи для покупателей всех видов техники, а не только стиральных машин.

Таким образом, стратегия ПС была полностью раскрыта с применением вычислительного аппарата ЭВМ при минимальных затратах.

#### **Заключение**

В статье описан метод оценивания стратегии противодействующей стороны, который может быть использован для компьютерной поддержки принятия решений задач, которые могут быть сведены к игре двух лиц с нулевой суммой, и приведён пример его использования с обоснованием эффективности. Данный метод, основанный на теории игр, предоставляет возможность математического описания алгоритма действий ПС в виде пути от исходного состояния системы к желаемому состоянию ПС. Это позволило формализовать задачу, выполнить её математический анализ и синтезировать решение на основе одного из алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе.

#### *Литература*

1. Грейсон Д. Американский менеджмент на пороге XXI века / Д. Грейсон, К. О'Делл. – М.: Экономика, 1991. – 319 с.
2. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка формирования целей и стратегий. – М.: СИНТЕГ, 2005. – 224 с.
3. Малинецкий Г.Г. Сценарии, стратегии, информационные технологии // Информационные и вычислительные системы. – 2003. – № 4. – С. 83–108.
4. Pearce J.A. Formulation, Implementation and Control of Complete Strategy / J.A. Pearce, R.B. Robinson. – 11<sup>th</sup> edition. – Chicago: IL, Richard D. Irwin, Inc., 2009. – 500 p.
5. Токарев В.Л. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: Изд-во СГУ, 2000. – 120 с.

---

#### **Пинчер Денис Владимирович**

Аспирант Тульского государственного университета

Тел.: 8-920-747-67-37

Эл. почта: Pincher.Denis@gmail.com

#### **Токарев Вячеслав Леонидович**

д-р техн. наук, проф. Тульского государственного университета

Тел.: 8 (487-2) 33-24-10

Эл. почта: Tokarev@tsu.tula.ru

Pincher D.V., Tokarev V.L.

#### **The opponent strategy estimation**

A solution for the opponent strategy estimation in the making decision problem, which is based on the use of the linguistic models, is suggested.

**Keywords:** strategy estimation, modelling, linguistic model, systems teaching, decision making.