

**Рохлин Д.Б.** (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия). **Анализ некоторых механизмов стимулирования в многоагентных системах.**

Рассматриваются три различные задачи, касающиеся управления ресурсами в многоагентных системах. В каждой задаче цель состоит в построении стимулирующей функции, побуждающей агентов следовать стратегиям, которые оптимальны для менеджера системы.

В первой задаче рассматривается распределение пропускных способностей соединений сети между большим числом  $N$  пользователей с целью максимизации их суммарной функции полезности. Эта задача (NUM: network utility maximization) была поставлена в работе [2]. В отличие от обычной гипотезы, мы не предполагаем, что известен суммарный трафик, сгенерированный пользователями на каждом соединении. Предлагаемый механизм назначения цен на трафик основан на двойственном стохастическом методе проекции градиента и использует следующие величины: общее число  $N$  пользователей, пропускные способности соединений и последовательность близоруких оптимальных “реакций” случайно выбранных пользователей на текущие цены. Показано, что для специального класса функций полезности ошибки в выполнении ограничений и в оптимальном значении целевой функции сети ограничены величиной порядка  $O(T^{-1/4})$  равномерно по  $N$ , где  $T$  — число измеренных реакций. Предложенный подход сравнивается теоретически и посредством компьютерных экспериментов с быстрым методом градиентного спуска Нестерова, примененного к задаче NUM в работе [1].

Во второй задаче (см. [4]) рассматривается менеджер, который распределяет некоторую фиксированную выплату между  $N$  рациональными агентами с тем, чтобы максимизировать совокупное производство. Прибыль  $i$ -го агента представляет собой разность между вознаграждением, полученным от менеджера, и затратами на производство. Мы сравниваем (i) нормативную схему вознаграждения, в которой менеджер вынуждает агентов следовать оптимальной кооперативной стратегии; (ii) сделную схему, в которой менеджер объявляет вознаграждение за единицу произведенного товара; (iii) пропорциональную схему вознаграждения, в которой доход агента пропорционален его вкладу в общий объем производства. Обозначая соответствующие объемы производства через  $s^*$ ,  $\hat{s}$  и  $\bar{s}$ , где последняя величина соответствует единственному равновесию Нэша, мы исследуем пределы цен анархии  $\mathcal{A}_N = s^*/\bar{s}$ ,  $\mathcal{A}'_N = \hat{s}/\bar{s}$  при  $N \rightarrow \infty$ . Показано в частности, что для степенных функций затрат (при некоторых предположениях) в асимптотическом смысле не происходит потери производительности в терминах  $\mathcal{A}'_N$ , а в терминах  $\mathcal{A}_N$  потери не превосходят 31%.

Наконец, в третьей задаче (мотивированной работой [3]), мы рассматриваем игру Штакельберга, где цель менеджера состоит в максимизации прибыли корпорации путем распределения средств между  $N$  производителями. Менеджер выбирает набор  $N$  стимулирующих функций, и производители участвуют в дисконтированной стохастической игре, приводящей к равновесию Нэша. Цель менеджера состоит в максимизации прибыли корпорации по некоторому классу допустимых стимулирующих функций. Показано, что данная задача сводится к марковскому процессу принятия решений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beck A., Nedić A., Ozdaglar A. An  $O(1/k)$  gradient method for network resource allocation problems, *IEEE Transactions on Control of Network Systems*, **1:1** (2014), 64–73.
2. Kelly F.P., Maulloo A.K., Tan D.K.H. Rate control for communication networks: shadow prices, proportional fairness and stability, *Journal of the Operational Research Society*, **49:3** (1998), 237–252.
3. Novikov D.A., Shokhina, T.E. Incentive mechanisms in dynamic active systems, *Automation and Remote Control*, **64:12** (2003), 1912–1921.
4. Rokhlin D.B., Usov A. Asymptotic efficiency of the proportional compensation scheme for a large number of producers, *Yugoslav Journal of Operations Research*, **28:4** (2018), 501–520.

---

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 17-19-01038.