

Парадокс Браесса для лабораторной транспортной сети с асимметричными затратами

Д.А. Смаль

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Классический пример парадокса Браесса, построен на основе простой транспортной сети, представленной на рис.1. Каждый участник имеет возможность выбора одного из двух путей. При корреспонденции в 6 тыс. участников в час, в силу симметрии, очевидно, что равновесием Нэша является деление потоков поровну по двум имеющимся путям. Таким образом, $x_{124} = x_{134} = 3$, где x_{1k4} - число участников, выбравших k -ый путь, а полное время в пути $T = 83$ мин. Кажется удивительным, но при строительстве дополнительной дороги из пункта 3 в пункт 2 увеличивается время в пути при равновесном распределении потоков. Строительство третьего пути приводит к равновесному распределению, равному $x_{124} = x_{134} = x_{1324} = 2$, и кажется, что общие затраты должны уменьшиться, однако, полное время в пути составляет $T = 92$ мин. Таким образом, появление дополнительной дороги приводит к единственному равновесию Нэша, которое не является оптимальным по Парето, в этом и заключается парадокс Браесса.

В настоящее время проделано много исследований парадокса Браесса, в том числе и в Лаборатории экспериментальной экономики МФТИ были проведены эксперименты. Однако в данных исследованиях изучали эффект проявления парадокса на классической транспортной сети Браесса. Поэтому неудивительно, что долгое время обсуждается немаловажный вопрос: многие исследователи считают, что парадокс Браесса – чисто теоретическое явление и не может проявиться в реальной транспортной системе. Данное утверждение основано на том, что классическая транспортная сеть Браесса слишком простая и с симметричными затратами на передвижения, что не соответствует реальной транспортной ситуации.

В связи с описанными выше причинами проведен эксперимент, основанный на работе [2], а также выполнено исследование проявления парадокса в топологически более сложной транспортной сети. По сравнению с классической сетью Браесса количество возможных путей передвижения было увеличено до трех для первой игры и до пяти для второй игры после добавления двух мостов с нулевыми затратами перемещения по ним для участников эксперимента. Важно отметить, что затраты на перемещения по путям стали асимметричными, что также приблизило проделанный эксперимент к реальной транспортной ситуации. В итоге эксперимент проведен для транспортной сети, представленной на рис.2. Для проведения игры создана программа, использующая оболочку z-Tree (университет Цюриха, Швейцария, [3]).

Эксперимент проведен для 12 участников в три сессии по 40 периодов в каждой сессии. В данной работе будут представлены результаты проведенного эксперимента, а также доказательства того, что парадокс Браесса выполняется и для топологически более сложной транспортной сети с асимметричными затратами.

Дополнительно исследуется влияние знания парадокса Браесса на поведение участников при выборе того или иного пути. Планируется провести дополнительную сессию игры после объяснения парадокса и впоследствии рассмотреть изменения стратегий участников: будут ли они отказываться от выбора дополнительных маршрутов в пользу более выгодных для всех неравновесных путей или же, несмотря на объяснения, будет наблюдаться равновесное распределение.

В качестве дополнительного исследования планируется проведение экспериментов для участников, знакомых с методами теории игр и экспериментальной экономики, и участников, не обладающих данными знаниями, а также эксперименты с различными видами мотивации участников с дальнейшим анализом результатов проведенных экспериментов и выявлением возможных закономерностей.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом РФФИ 16-01-00633А.

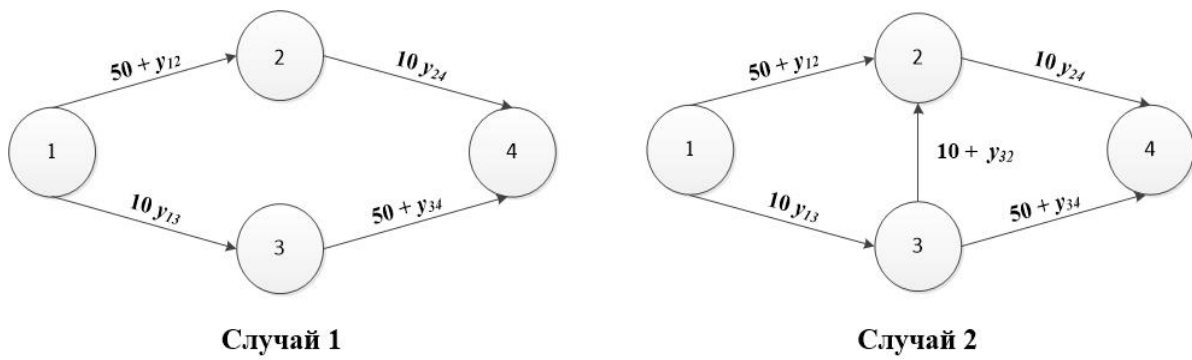


Рис. 1.

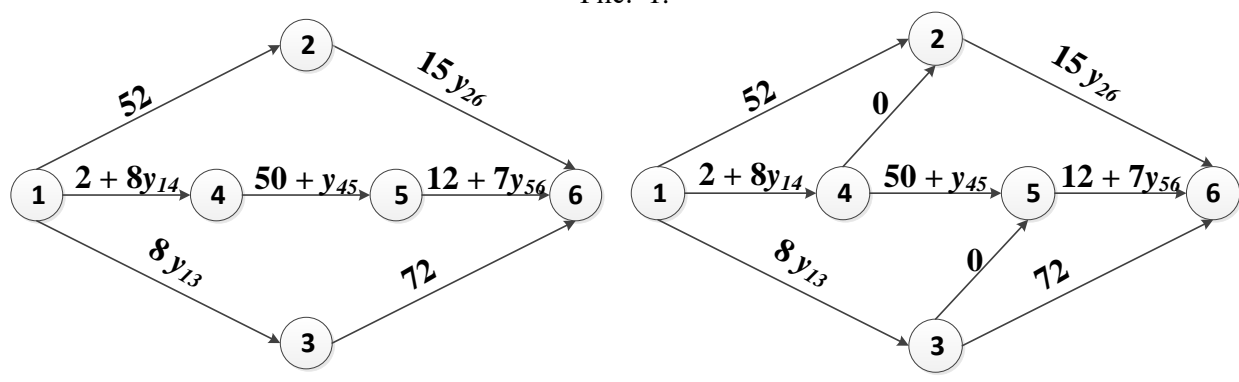


Рис. 2.

Литература

1. Гасникова Е.В. Моделирование динамики макросистем на основе концепции равновесия. – дисс. к.ф.-м.н. – М.: МФТИ. – 2012. – 90 с.
2. Rapoport A., Kugler T., Dugar S., Gisches E. J. Braess Paradox in the Laboratory: Experimental Study of Route Choice in Traffic Networks with Asymmetric Costs // Decision Modeling and Behavior in Complex and Uncertain Environments. – V. 21. – 2005. -- P. 309-337.
3. Fischbacher U. z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments // Experimental Economics. - 2007. – P. 171-178.