

Н. И. ДИНОВА, О. Ю. ЧЕПРУНОВА, А. В. ЩЕПКИН, канд. техн. наук

[Институт проблем управления, Москва]

ЭКСПЕРИМЕНТ НА ОСНОВЕ ДЕЛОВОЙ ИГРЫ «БРИГАДНЫЕ ФОРМЫ ОПЛАТЫ ТРУДА»

Обсуждаются планирование и обработка эксперимента на основе деловой игры «Бригадные формы оплаты труда». Приводятся результаты статистической обработки и графики стратегий участников игры.

1. Введение

Деловая игра «Бригадные формы оплаты труда» была разработана как учебно-исследовательская. Цели эксперимента на основе этой игры: 1) выбор наиболее эффективного способа стимулирования в бригаде; 2) исследование стратегий участников игры. В статье дан план эксперимента и описаны результаты статистической обработки данных. Представлены гистограммы распределений индивидуальных стратегий в партиях и средних стратегий в партиях. Особое внимание в работе уделяется планированию эксперимента. До недавнего времени, насколько известно, теория эксперимента к деловым играм в нашей стране не применялась. Причина, видимо, в том, что деловые игры принципиально отличаются от экспериментов в естественных науках, для которых разрабатывалась эта теория.

Теория эксперимента применялась для обоснования выводов, сделанных на основе деловой игры. Это значит, что повторение деловой игры с другими группами участников, проведенное другими экспериментаторами, должно привести к тем же выводам. Планирование эксперимента на основе деловой игры позволяет, во-первых, с наименьшими затратами получить данные, достаточные для обоснования выводов; во-вторых, получить данные, которые легко статистически обрабатывать; в-третьих, интерпретировать эксперимент, так как неспланированный эксперимент иногда вообще не поддается интерпретации.

2. Постановка задачи эксперимента

Игра «Бригадные формы оплаты труда» моделирует организацию социалистического соревнования в бригаде. Каждый участник игры — член бригады. За выполнение сверхплановых работ бригада получает премию $V=B_1+B_2$, где B_1 — премия за сверхплановую работу, B_2 — премия за участие в социальном соревновании. Ход (выбор стратегии) i -го игрока в каждой партии заключается в том, что он сообщает ведущему (бригадиру) объем своих сверхплановых работ x_i , после чего распределяются премии b_i , $i=1, 2, \dots, N$, где N — общее число игроков. Целевая функция i -го игрока имеет вид $\varphi_i=b_i-z_i$, где $z_i=cx_i$ — затраты на выполнение сверхплановых работ, c — коэффициент затрат. Премия i -го игрока состоит из двух час-

тей $b_i=b_{i1}+b_{i2}$, где $b_{i1}=\left(x_i / \sum_{j=1}^N x_j\right)B_1$ — премия за сверхплановую работу, b_{i2} — премия за участие в социальном соревновании.

Премия за участие в социальном соревновании выплачивается четырьмя способами: 1) всем поровну, кроме занявших последнее место, $b_{i2}=B_2/(N-n_1)$, где n_1 — число игроков, занявших последнее место; 2) всем по КТУ (коэффициент трудового участия), кроме занявших последнее место, $b_{i2}=\left(x_i / \sum_{j \in Q} x_j\right)B_2$, где $x_i / \sum_{j \in Q} x_j$ — КТУ, Q — множество игроков,

занявших последнее место; 3) только за первое место $b_{i2}=B_2/n_2$, где n_2 — число игроков, занявших первое место; 4) без социального соревнования, в этом случае $B_2=0$, $B_1=B$. Задача бригадира — выбрать такой способ премирования (способ стимулирования), чтобы получить наибольший объем сверхплановых работ, имея одинаковый премиальный фонд.

С каждой группой игроков проводится несколько партий. Каждая партия осуществляется в три этапа.

На первом этапе участники игры сообщают ведущему свои объемы сверхплановых работ.

На втором этапе ведущий на основании полученных данных определяет для каждого участника игры его КТУ и величину его премии. Если в бригаде организовано социалистическое соревнование, ведущий определяет место, занятое каждым участником соревнования, и, соответственно, премию по итогам соревнования. Затем участники игры подсчитывают свой сделанный приработок и величину затрат.

На третьем этапе ведущий сообщает участникам размеры премий, а участники игры определяют значения своих целевых функций.

На этом этапе одна партия игры заканчивается. В следующей партии повторяются все три этапа.

Задачи эксперимента: 1) исследовать изменение среднего объема сверхплановых работ в зависимости от способа стимулирования; 2) найти зависимость стратегии игроков от номера партии; 3) определить вид статистических распределений стратегий участников и средних стратегий в партиях.

3. Планирование эксперимента и обработка данных

Наблюдаемая величина в эксперименте (отклик) — средний объем сверхплановых работ в партии игры — обозначается y . На отклик влияют механизмы стимулирования, номер партии, группа игроков. Влияющие

Таблица 1

№ цикла	№ группы игроков			
	1	2	3	4
1	Σ_1	Σ_4	Σ_3	Σ_2
2	Σ_3	Σ_1	Σ_2	Σ_4
3	Σ_4	Σ_2	Σ_1	Σ_3
4	Σ_2	Σ_3	Σ_4	Σ_1

Таблица 2

	ss	n	ss/n
x_1	380,2	3	126,7
x_2	192,6	47	4,1
x_3	52,8	3	17,6
ε	530,3	138	4,1
Σ	1155,9	191	6,1

факторы обозначены соответственно x_1, x_2, x_3 . Фактор x_1 имеет четыре уровня, обозначенные $\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \Sigma_4$. Математическая модель эксперимента имеет вид

$$y = f(x_1, x_2, x_3) + \varepsilon,$$

где ε — случайное отклонение. План эксперимента — латинский квадрат. Принятый план представлен в табл. 1. С каждой группой участников проводится 48 партий — по 12 партий для каждого способа стимулирования. Участниками игры были слушатели курсов повышения квалификации, и количество партий соответствовало учебным целям.

Чтобы проверить, действительно ли разные уровни факторов дают разный отклик, берут все измерения для каждого уровня и проверяют, взяты эти выборки из одной генеральной совокупности или из разных. Для проверки используют статистику

$$F_{x_i} = \frac{ss_{x_i}/n_{x_i}}{ss_{\varepsilon}/n_{\varepsilon}}.$$

Если значение дисперсионного отношения больше критического значения F -распределения с соответствующими числами степеней свободы, то выборки различны. Здесь ss_{x_i} — сумма квадратов отклонений средних по уровням фактора x_i от общего среднего, $i=1, 2, 3$ (конкретно, ss_{x_1} — сумма квадратов отклонений средних по механизмам от общего среднего, ss_{x_2} — сумма квадратов отклонений средних по партиям, ss_{x_3} — сумма квадратов отклонений средних по группам); ss_e — сумма квадратов случайных отклонений, n_x — число степеней свободы фактора x_i (степень свободы равна числу уровней минус 1); n_e — число степеней свободы случайных отклонений. Величины ss_e и n_e рассчитываются из основного уравнения дисперсионного анализа, которое соответствует математической модели эксперимента:

$$ss_{\Sigma} = ss_{x_1} + ss_{x_2} + ss_{x_3} + ss_e, \quad n_{\Sigma} = n_{x_1} + n_{x_2} + n_{x_3} + n_e,$$

где ss_{Σ} — сумма квадратов отклонений откликов во всех партиях от общего среднего; n_{Σ} — полное число степеней свободы, равное количеству всех партий минус 1.

В эксперименте было принято, что максимальный объем сверхплановой продукции составляет 20 условных единиц. Средние отклики по механизмам следующие: $\bar{y}_{2_1} = 9,82$; $\bar{y}_{2_2} = 11,47$; $\bar{y}_{2_3} = 13,46$; $\bar{y}_{2_4} = 10,43$. Суммы квадратов и степени свободы представлены в табл. 2. Дисперсионные отношения имеют следующие значения:

$$F_{x_1} = \frac{126,72}{4,1} \gg F_{3,138}, \quad F_{x_2} = \frac{4,1}{4,1} = 1 < F_{3,138} = 1,48, \quad F_{x_3} = \frac{17,6}{4,1} > F_{3,138} = 3,06.$$

Таким образом, для факторов x_1 и x_3 уровни признаются статистически различными.

Для сравнения уровней фактора x_1 между собой был применен множественный ранговый критерий Дункана. Уровни Σ_1 и Σ_4 статистически не отличаются. Поэтому не имеет смысла организация соревнования, когда премируются все, кроме последнего, и премия делится поровну, так как объем сверхплановых работ при таком премировании не больше, чем когда соревнование не организовано. Уровень Σ_3 статистически отличен от всех остальных и имеет наибольшее значение. Таким образом, способ премирования только за первое место позволяет получить наибольший объем сверхплановых работ и является наиболее эффективным способом стимулирования при одинаковом объеме премиального фонда.

4. Исследование стратегий игроков

Перед проведением эксперимента была высказана гипотеза, что стратегия игроков должны изменяться с изменением номера партии. Просматривая данные эксперимента, можно заметить некоторое уменьшение объема сверхплановых работ в середине каждой двенадцати партий. На рис. 1 представлено изменение стратегий одного из игроков на протяжении сорока восьми партий, на рис. 2 — изменение средних по партии стратегий в одной из групп на протяжении сорока восьми партий. По результатам статистического анализа это изменение стратегий признается статистически незначимым, так как дисперсионное отношение для фактора x_2 меньше критического значения F -распределения. Таким образом, вопрос о зависимости стратегий игроков от номера партии остается открытым.

Вторая гипотеза, проверявшаяся в эксперименте, состояла в том, что в деловой игре может быть выбрана наблюдаемая величина, имеющая

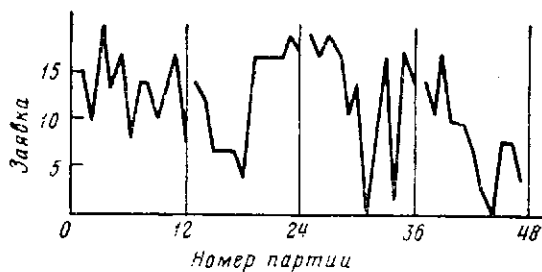


Рис. 1

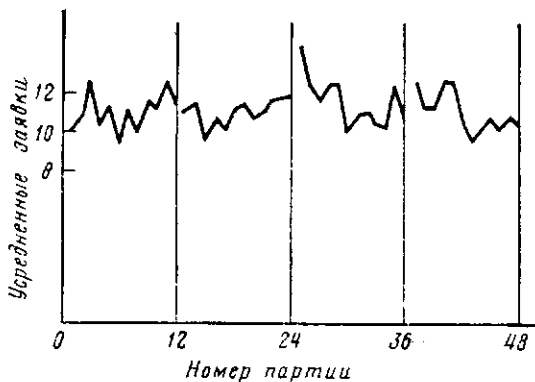


Рис. 2

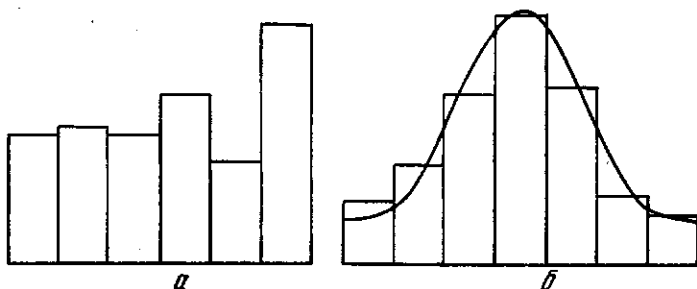


Рис. 3

нормальное распределение или близкое к нему [2]. На рис. 3 представлены две гистограммы: *а* — отклонения стратегий игроков от средней стратегии по механизму стимулирования, *б* — отклонения средних стратегий в партии от средней по механизму стимулирования. Эти гистограммы получены суммированием гистограмм для каждого механизма стимулирования после совмещения средних. Видно, что гистограмма на рис. 3, *б* согласуется с усеченным нормальным наложенным распределением, тогда как о гистограмме на рис. 3, *а* ничего определенного сказать нельзя. Распределение усечено, так как объем сверхплановых работ может принимать значения от 0 до 20 условных единиц. Таким образом, средняя стратегия в партии (средний объем сверхплановых работ) является наблюдаемой величиной, которая имеет распределение, близкое к нормальному. Из того,

что гипотеза подтвердилась, следует несколько выводов. Во-первых, эксперимент на основе деловой игры является статистически воспроизводимым. Это значит, что при проведении эксперимента другим экспериментатором с другими группами игроков должны получиться те же результаты. Во-вторых, поскольку наблюдаемая величина имеет распределение, близкое к нормальному, то применение статистических методов к деловой игре и, в частности, дисперсионного анализа оправдано. В-третьих, выбор в качестве отклика эксперимента средней стратегии в партии уменьшило влияние эффекта субъективности. Действительно на индивидуальные стратегии сильно влияют субъективные предпочтения. К таким предпочтениям, например, относится предпочтение не называть число 13. Это предпочтение настолько сильно, что оно является причиной минимума в области числа 13 на гистограммах, соответствующих всем способам премирования, и причиной минимума в правой части суммарной гистограммы. Это пример эффекта субъективности, который может проявляться в деловых играх и который ставил под сомнение правомерность применения теории эксперимента для планирования деловых игр и обработки их результатов. В усредненных заявках эффект субъективности неразличим, что и делает их «хорошей» наблюдаемой величиной и позволяет пользоваться методами теории эксперимента при работе с деловыми играми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щепкин А. В. Имитационная игра «Бригадные формы оплаты труда» // Modernizace vyučovacino procesu na vysokých školách a při výchově a vzdělávání dospělých. Praha, 1986. С. 153–155.
2. Чепрунова О. Ю., Щепкин А. В. Разработка экспериментов с моделями организационных систем // АИТ. 1988. № 8. С. 126–135.

Поступила в редакцию 28.11.88