

Владимир Алексеевич ФёдоровОмский государственный университет путей сообщения,
старший преподаватель кафедры «Высшая математика», Омск, Россия
e-mail: fuorin@yandex.ru

Эффективность командных методов обучения

Аннотация. В статье рассмотрено явление уменьшения индивидуального вклада участника в совместную работу в зависимости от численности команды (класса, группы, коллектива и т. п.), известное под названиями «эффект социальной лени» или «социальная ингибция». Применительно к образовательному процессу это означает снижение когнитивных качеств обучающихся в связи с увеличением численности группы или класса, использованием методов работы в команде. Был найден способ количественной оценки этого снижения исходя из основного психофизиологического закона Вебера — Фехнера, который подтвердился опросом студентов Омского государственного университета путей сообщения и Омского автотранспортного колледжа. При поиске формулы были использованы методы математического анализа и математической статистики.

Ключевые слова: метод обучения, командная работа, эффект Рингельмана, эффект «социальной лени», формула Рингельмана, основной психофизиологический закон Вебера — Фехнера.

Vladimir A. FyodorovOmsk State Transport University, Senior Lecturer of the Department “Higher Mathematics”, Omsk, Russia
e-mail: fuorin@yandex.ru

Effectiveness of Team Training Methods

Abstract. The article considers the phenomenon of reducing the individual contribution of a participant to teamwork depending on the size of the team (class, group, team, etc.), known as the “effect of social laziness” or “social inhibition”. In relation to the educational process, this means a decrease in the cognitive qualities of students due to an increase in the number of a group or class, the use of teamwork methods. A way was found to quantify this decrease based on the basic psychophysiological law of Weber-Fechner, which was confirmed by a survey of university students (Omsk State Transport University) and college students (Omsk Automotive College). When searching for the formula, methods of mathematical analysis and mathematical statistics were used.

Keywords: method of learning, teamwork, the effect of Ringelman, the effect of “social laziness”, the formula of Ringelman, the psychophysiological law of Weber-Fechner.

Введение (Introduction)

Поиск эффективной дидактической системы, видимо, имеет перманентный характер. Постоянно изменяющиеся социально-экономические условия, технический прогресс требуют настройки содержания и методов обучения.

К одному из таких «частных» методов можно отнести так называемую «командную работу» студентов, школьников, слушателей различных курсов повышения квалификации в процессе их обучения. Например, на портале Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС 3++) по всем направлениям бакалавриата, магистратуры, специалитета предусмотрено формирование «универсальной компетенции» под названием «Командная работа и лидерство» (УК-3) [1]. Стандарты среднего профессионального образования также предполагают формирование общей компетенции «Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами...» (ОК-6) [2].

Данный метод в настоящее время активно структурируется и номинализируется в исследованиях отечественных авторов. Некоторые исследователи насчитывают одних только критериев классификации методов командной работы до четырех [3]. Другие с увлечением описывают различия понятий «коллектив», «группа», «команда», «бригада», голословно утверждая, что «потенциал каждого члена группы оптимально используется, дополняя возможности других» [4, с. 26].

Не ставя под сомнение научную ценность этих и им подобных исследований, заметим, что они совершенно не учитывают открытый еще в начале XX в. французским инженером Максом Рингельманом «эффект социальной лени» (другое название «эффект Рингельмана»). Напомним, что данный эффект состоит в уменьшении индивидуальных затрат отдельного работника в процессе совместной групповой деятельности. При этом чем больше группа (команда), тем заметнее это уменьшение [5].

Целью нашего исследования будет поиск явной связи между численностью совместно работающих людей и снижением индивидуального вклада в общий итог их как физической, так и когнитивной деятельности.

Несмотря на то, что Рингельман исследовал и описал чисто физическую составляющую усилий (поднятие тяжестей, перетягивание каната и проч.), учитывая очевидную психофизиологическую природу этого эффекта, мы можем попытаться распространить его и на психологическую сферу деятельности человека, а именно на когнитивную деятельность. Такую возможность дает нам разработанная Ю. М. Забродиным концепция единого «сенсорно-перцептивного пространства» как «множества всевозможных психических образов... которые являются адекватным отражением реальных внешних воздействий» [6, с.18].

Кроме того, интеллектуальный (в нашем контексте — когнитивный) «эффект социальной лени» хорошо укладывается в современные представления об эволюции нервной системы вообще и головного мозга в частности. Заведующий лабораторией развития нервной системы Института морфологии Российской академии медицинских наук профессор С. В. Савельев пишет: «Мозг высших приматов и человека составляет 1/50–1/100 массы тела, а потребляет 1/10–1/20 всей энергии, т. е. в 5 раз больше, чем любой другой орган... При активной работе мозга уровень энергетических затрат резко возрастает. Общий объем расходов на содержание мозга может достигать 20–25 %». И далее: «Активное состояние нервной системы крайне невыгодно приматам. Затраты на поддержание активной работы мозга становятся сопоставимы с расходами на двигательную активность. Это противоречит основным принципам экономии энергии и может вызвать гибель» [7, с. 30]. В команде у человека возникает возможность снизить нагрузку, «спрятаться» за остальными членами, и он этим инстинктивно пользуется. Здесь мы попробуем оценить количественное снижение индивидуальных затрат в команде (группе, классе, коллективе, бригаде).

Методы (Methods)

Воспользовавшись методами математического анализа, мы проинтегрируем предельную форму основного психофизиологического закона Вебера — Фехнера. Из материалов, полученных путем анкетирования учащихся, методами математической статистики определим интервальную оценку константы интегрирования, а также покажем на уровне значимости 0,95 существование найденной связи путем проверки статистической гипотезы «о равенстве нулю коэффициента корреляции» исследуемых величин.

Сам Рингельман предложил следующую формулу для индивидуального вклада участников в группах разной величины:

$$B = 100 - 7 \cdot (N - 1),$$

где B — средний индивидуальный вклад участников, выраженный в процентах, N — количество членов группы [5]. Как видим, зависимость линейная, при которой каждый «дополнительный» участник приводит к 7%-му сокращению индивидуальных затрат участников совместной деятельности. Видимо, чувствуя определенный дискомфорт от данной формулы, исследователи ограничивают ее применение в малых группах только до семи участников.

Переходя к задаче психофизического шкалирования, отметим, что ни один из основных психофизиологических законов не предполагает линейной связи между интенсивностью раздражителя и ощущением. В нашем случае «интенсивность раздражителя» — это количество членов группы (команды), а «ощущение» численно выражается процентом снижения индивидуального вклада в общую работу из-за этого количества. Использование показательного психофизиологического закона С. С. Стивенса в данном случае затруднительно из-за сложностей определения сенсорной модальности ощущения количества участников, поэтому для определения явного вида формулы воспользуемся классическим основным психофизиологическим законом Вебера — Фехнера: «ощущение пропорционально отношению изменению раздражителя».

$$\Delta B = -k \frac{\Delta N}{N},$$

где ΔB — изменение «ощущения» (среднего индивидуального вклада участников, выраженного в процентах), N — количество членов группы, k — коэффициент пропорциональности. Знак «минус» в правой части обусловлен обратной зависимостью — средний индивидуальный вклад уменьшается, а не увеличивается из-за роста численности.

Выполняя обычную в таких случаях процедуру предельного перехода — заменяя «изменение» на дифференциал, получаем дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными, которое проинтегрируем:

$$\int dB = - \int k_0 \frac{dN}{N}, \text{ откуда}$$

$$B = -k \cdot \ln(N) + C,$$

где C — константа интегрирования, подлежащая определению. Из «начального условия»: если работающий всего один, то он «выкладывается» на 100 %, следует:

$$100 = -k \cdot \ln(1) + C,$$

из равенства $\ln(1) = 0$ следует, что $C = 100$, а значит, формула примет вид:

$$B = 100 - k \cdot \ln(N),$$

где B — индивидуальный вклад участника — выражен в процентах.

Осталось определить коэффициент пропорциональности k . Для этого нам потребуется одна любая точка функциональной связи $B = B(N)$, например «половинная» точка, т. е. при каком количестве участников индивидуальный вклад в общую работу уменьшается вдвое. Для определения «половинной» точки функциональной связи между количеством участников и снижением индивидуальной интенсивности труда было проведено анонимное анкетирование 100 случайных студентов Омского государственного университета путей сообщения и Омского автотранспортного колледжа. Образец анкеты представлен ниже:

Анонимная анкета

Вопрос: какой численностью должна быть группа, в которой вы, практически незаметно для окружающих, могли бы работать только на половину своих возможностей?

А) Если труд физический _____

Б) Если труд интеллектуальный _____

Результаты и обсуждение (Results and Discussion)

После обработки анкет было установлено:

1. Анкеты студентов университета и колледжа можно объединить в одну выборку, так как проверка статистической гипотезы о равенстве средних двух генеральных совокупностей (университета и колледжа) привела к принятию нулевой гипотезы при допущении нормальности их распределения. То есть нет оснований считать, что студенты университета и колледжа по-разному ощущают функциональную связь когнитивной работоспособности от количества участников.

2. Существует неслучайная связь ощущений при физическом и интеллектуальном труде, так как выборочный коэффициент корреляции между этими ощущениями оказался равен $r_{выб} = 0,65$, а проверка статистической гипотезы о равенстве нулю коэффициента корреляции привела к отвержению нулевой гипотезы, т. е. показала его значимое отличие от нуля с вероятностью ошибки 0,05, а именно наблюдаемое значение Т-критерия:

$$T_{набл} = r_{выб} \frac{\sqrt{n-2}}{1-r_{выб}^2} = 0,65 \cdot \frac{\sqrt{100-2}}{\sqrt{1-0,65^2}} = 8,4674.$$

По уровню значимости 0,05 и числу степеней свободы $k = 100 - 2 = 98$ находим для двусторонней критической области критическую точку распределения Стьюдента $t_{крит}(0,05; 98) = 1,99$. Поскольку $T_{набл} > t_{крит}$, нулевую гипотезу ($H_0: r_{выб} = 0$) отвергаем и принимаем альтернативную ($H_1: r_{выб} \neq 0$). Таким образом, с вероятностью 0,95 существует неслучайная (функциональная) связь между ощущениями при физическом и интеллектуальном труде.

3. Средние значения количества членов группы, при котором интенсивность работы уменьшается вдвое («половинная точка»), оказались близкими по значению для физического и интеллектуального труда, а их интервальные оценки с надежностью 0,95 пересекаются.

Конкретно для физического труда генеральное значение численности группы находится между числами $13,88 - 1,85 = 12,03$ и $13,88 + 1,85 = 15,73$ (на рисунке 1 длинный пунктир), а для интеллектуального — между числами $12,79 - 2,15 = 10,64$ и $12,79 + 2,15 = 14,94$ (на рисунке 1 короткий пунктир).

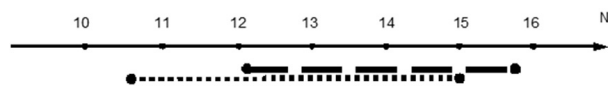


Рис 1. Интервальные оценки численности группы, при которых интенсивность физического труда (длинный пунктир) и интеллектуального (короткий пунктир) уменьшается наполовину

Для вычисления коэффициента пропорциональности возьмем за «половинную» точку ближайшее натуральное число к точечной несмещенной (середине интервальной) оценке численности при интеллектуальном труде. Это число 13. Таким образом, у нас есть точка $B(13) = 50\%$. Тогда

$$50 = 100 - k \cdot \text{Ln}(13),$$

откуда и найдется коэффициент пропорциональности $k = 50/\text{Ln}(13)$. Подставив найденный коэффициент в исходную формулу, окончательно получим:

$$B = 100 - \frac{50}{\text{Ln}(13)} \text{Ln}(N),$$

или с учетом свойств логарифма:

$$B = 100 \cdot \left(1 - \frac{\text{Ln}(N)}{2 \cdot \text{Ln}(13)}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{\text{Ln}(N)}{\text{Ln}(169)}\right) = 100 \cdot (1 - \text{Log}_{169}(N)).$$

Здесь В — средний индивидуальный вклад участников — выражен в процентах. Формула примет еще более лаконичный вид, если В выражать не в процентах, а в долях от исходного:

$$B = 1 - \text{Log}_{169}(N).$$

Ниже представлена таблица сравнения ослабления индивидуального вклада в общий труд, полученного по формуле Рингельмана и по выведенной нами формуле из закона Вебера — Фехнера:

| Количество членов группы | $B = 100 - 7 \cdot (N - 1)$ по Рингельману | $B = 100 \cdot (1 - \text{Log}_{169}(N))$ по Веберу |
|--------------------------|---|--|
| 1 | 100 | 100 |
| 2 | 93 | 86,49 |
| 3 | 86 | 78,58 |
| 4 | 79 | 72,98 |
| 5 | 72 | 68,63 |
| 6 | 65 | 65,07 |
| 7 | 58 | 62,07 |
| 8 | 51 | 59,46 |
| 9 | 44 | 57,17 |
| 10 | 37 | 55,11 |
| 11 | 30 | 53,26 |
| 12 | 23 | 51,56 |
| 13 | 16 | 50,00 |
| 14 | 9 | 48,56 |
| 15 | 2 | 47,21 |
| 16 | -5 | 45,95 |
| 17 | -12 | 44,77 |
| 18 | -19 | 43,66 |
| 19 | -26 | 42,60 |

Из таблицы следует, что по формуле Рингельмана команда из 16 человек существовать уже не может, так как ее члены не вкладываются в общую работу, а уже начинают «немножечко вредить», что, конечно, не согласуется ни со здравым смыслом, ни с жизненным опытом.

Для наглядности на рисунке 2 приведены графики для данных из таблицы.

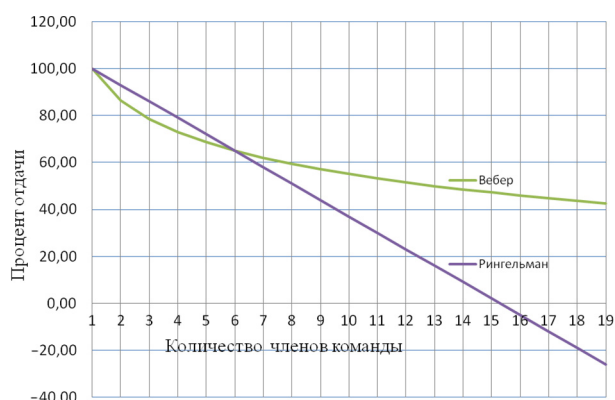


Рис. 2. Сравнительные графики уменьшения процента отдачи, полученные по формуле Рингельмана и из закона Вебера — Фехнера

Помня, что сам Рингельман получал свою формулу из экспериментов, в частности, по перетягиванию каната, мы вполне можем себе допустить, что 16 человек, при определенной мотивации, могут одновременно тянуть один и тот же канат. Это еще один довод в пользу несостоятельности линейной формулы Рингельмана.

Снижение когнитивной отдачи учащихся в больших по численности студенческих группах или школьных классах — обычное явление для многих практикующих преподавателей, и к ним в определенной степени применимы наши расчеты.

В заключение заметим, что все приведенные выше расчеты, очевидно, могут быть применены только к психологически «чистой» малой группе (команде, классу и т. д.). Мы

никак не учитывали ни межличностные отношения, которые могут иметь самый причудливый спектр в реальной малой группе, ни коллективного и индивидуального уровня мотивации при выполнении конкретной работы, ни прочих явлений, имеющих место в конкретной группе людей, таких, к примеру, как групповая идентификация, групповое мышление, сдвиг риска и т. п. Перечисленные выше явления и отношения могут накладываться на «эффект социальной лени», и в возникающей суперпозиции мы можем наблюдать как социальную ингибицию, так и прямо противоположное явление — фасилитацию.

Заключение (Conclusion)

Таким образом, в результате проведенного исследования можно заявить:

1. Уменьшение индивидуальных затрат отдельного работника в процессе совместной групповой деятельности наблюдается как при физическом, так и при интеллектуальном (например, когнитивном) ее характере.

2. Это уменьшение зависит от количества совместно работающих людей и может быть выражено в процентах формулой:

$$B = (1 - \text{Log}_{169}(N)) \cdot 100 \%,$$

или, используя свойства логарифма,

$$B = \left(\text{Log}_{169} \left(\frac{169}{N} \right) \right) \cdot 100 \%.$$

3. Стремление к экономии бюджетных средств посредством увеличения численности учебных групп нецелесообразно с точки зрения эффективности учебного процесса.

Библиографический список

1. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/151/150/24> (дата обращения: 09.02.2021).
2. Федеральные государственные образовательные стандарты : [сайт]. URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения: 09.02.2021).
3. Москаленко А. С., Семчук Н. М. Теоретические основы организации командной работы при обучении экологии // Астрах. вестн. экологического образования. 2014. № 1 (27). С. 101–107.
4. Плотникова Н. Ф. Командный подход в обучении : учеб.-метод. пособие. Казань : Казан. гос. ун-т, 2016. 96 с.
5. Ringelmann M. Moteurs Animés Travail de l'homme // Gallica. Bibliotheque National de France. URL: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k54409695.image.f14.langEN> (дата обращения: 09.02.2021).
6. Забродин Ю. М., Лебедев А. Н. Психофизиология и психофизика. М. : Наука, 1977. 289 с.
7. Савельев С. В. Изменчивость и гениальность. М. : ВЕДИ, 2012. 128 с.

References

- Federal'nye gosudarstvennye obrazovatel'nye standarty [Federal State Educational Standards]*. Available at: <https://fgos.ru/> (accessed: 09.02.2021). (in Russian)
- Moskalenko A. S., Semchuk N. M. (2014) *Teoreticheskie osnovy organizatsii komandnoi raboty pri obuchenii ehkologii [Organization of the Team Work in the Process of Teaching Ecology]*, *Astrakhanskii vestnik ehkologicheskogo obrazovaniya [Astrakhan Bulletin for Environmental Education]*, no. 1 (27), pp. 101–107. (in Russian)
- Plotnikova N. F. (2016) *Komandnyi podkhod v obuchenii [Team Approach in Training]**. Kazan, Kazanskii gosudarstvennyi universitet Publ., 96 p. (in Russian)
- Portal Federal'nykh gosudarstvennykh obrazovatel'nykh standartov vysshego obrazovaniya [Portal of the Federal State Educational Standards of Higher Education]**. Available at: <http://fgosvo.ru/fgosvo/151/150/24> (accessed: 09.02.2021). (in Russian)
- Ringelmann M. *Moteurs Animés Travail de l'homme*, Gallica. Bibliotheque National de France. Available at: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k54409695.image.f14.langEN> (accessed: 09.02.2021). (in France)
- Savel'ev S. V. (2012) *Izmenchivost' i genial'nost' [Mutability and Genius]**. Moscow, VEDI Publ., 128 p. (in Russian)

Zabrodin Yu. M., Lebedev A. N. (1977) *Psikhofiziologiya i psikhofizika [Psychophysiology and Psychophysics]**. Moscow, Nauka Publ., 289 p. (in Russian)

* Перевод названий источников выполнен автором статьи / Translated by the author of the article.