

Гольшева Евгения Андреевна

Goode N, Jens F. Beckmann J.F. You need to know: There is a causal relationship between structural knowledge and control performance in complex problem solving tasks // *Intelligence* 38 (2010) 345–352

Вам нужно знать: существует причинно-следственная связь между количеством знаний о структуре и успешностью управления при решении сложных задач.

This study investigates the relationships between structural knowledge, control performance and fluid intelligence in a complex problem solving (CPS) task. 75 participants received either complete, partial or no information regarding the underlying structure of a complex problem solving task, and controlled the task to reach specific goals. Control was best when complete structural information was available and was not better than random when no information was provided. In comparison to previous studies, a moderate to strong correlation between fluid intelligence and control performance was observed across all conditions. It appears that effective complex problem solving requires a combination of task-specific knowledge and abstract thinking skills.

Это исследование посвящено изучению взаимоотношений между структурными знаниями, эффективностью управления (системой) и флюидным интеллектом в комплексном решении задач. 75 участников получали полную или частичную информацию (или не получили) ее о базовой структуре комплексной задачи, и решали задачи (управляли системой) для достижения конкретных целей. Управление было лучшим, когда полная структурная информация была доступна, и не было таковым при отсутствии предоставления информации. По сравнению с предыдущими исследованиями, есть положительная взаимосвязь (от умеренной до сильной корреляции) между эффективностью управления и флюидным интеллектом, и это наблюдается во всех условиях. Показательно, что эффективное решение задач требует сочетания специфических по отношению к задаче знаний и абстрактного мышления.

Практически любая деятельность человека может быть описана как сложная динамическая система независимых взаимосвязей между переменными. Если информация об этих переменных известна, то тогда можно контролировать результат работы данной системы и варьировать ее изменения. В связи с этим интересно, каким образом люди, успешно управляющие системой, понимают и используют информацию об этой системе. Для представления ключевых особенностей динамических систем разработаны специальные компьютерные программы, реализующие эти комплексные задания в динамической системе. Они состоят из числа входящих и результативных переменных, которые представлены в данной программе. Значения входящих переменных могут быть изменены, что влияет (с помощью набора математических уравнений) на значения результативных переменных. Эти задачи являются «динамическими», потому что значения результативных переменных может изменяться в ответ на действия пользователя и самостоятельно с течением времени. С целью изучения роли знаний в системе управления, от испытуемых требуется определить, как влияют входящие переменные на результативные (исследовательская фаза). Это берется в качестве базовой структуры задачи. Затем испытуемые пытаются управлять системой, изменяя входящие переменные для достижения и поддержания определенной цели, т.е. определенного значения результативных переменных (управляющая фаза).

**Цель:** определить, насколько имеющийся объем информации относительно системы, влияет на ее управление, и является ли уровень флюидного интеллекта вместе с тем определяющим фактором того, в какой степени эта информация может быть применена.

В исследованиях решения сложных, комплексных задач обычно предполагают, что управление системой (решение задачи) зависит от знаний о базовой структуре задачи (Funke, 2001). В самом деле, корреляционные данные подтверждают это предположение. Было обнаружено, что эффективность управления и знание базовой структуры задачи значимо положительно коррелируют. Однако это можно расценить двояко: либо эффективность управления зависит от объема знаний, требуемых для задачи, либо приобретение знаний и управление сложной, динамической системой зависит от множества когнитивных способностей. Некоторые авторы, варьируя в экспериментах получение испытуемыми информации о задаче (получение информации о базовой структуре/отсутствие информации), полагают, что метод «проб и ошибок» может быть столь же эффективен, как и полученная стратегия решения, т.е. применение правил, лежащих в основе системы. Также возникает сложность с тем, как оценивать успешность, каков ее критерий. Было предположено, что успешность контроля над выполнением задачи должна сравниваться с тем, что может быть достигнуто случайными действиями испытуемого. Если это сравнение не проводится, то нет объективной меры успешности выполнения. В данном исследовании эффективность контроля в разных условиях информативности будет сравнена с оценками, полученными в результате моделирования случайных вмешательств управления. Если фактически успешность управления не будет выше при условии получения информации, чем в условиях случайного опыта, то тогда не будет связи и между интеллектом и управлением.

В настоящем исследовании присутствуют 3 направления:

- 1) показатели надежности для измеряемых переменных.
- 2) успешность управления будет оцениваться при постановке различных целей для проверки изменчивости успешности (что объясняется свойствами системы и что - свойствами отдельного человека).
- 3) успешность управления будет операционализована в более значительной степени.

Применение знаний, или успешность управления системой вычисляется с помощью отклонения текущих значений результативных переменных от значений, заданных целевой функцией: чем больше отклонение, тем дальше от цели.

Главная **цель** этой работы - определить, существует ли причинно-следственная связь между количеством знаний и качеством управления системой.

**Дизайн** исследования: введение условий с получением испытуемыми полной информации о системе, частичной информации и отсутствием информации.

**Общая гипотеза:** различное количество структурной информации о системе приводит к количественным изменениям в измерении успешности управления.

**Частные гипотезы:**

**Информационная гипотеза:** качество управления системой - функция от количества доступной структурной информации о системе

**Гипотеза успешности:** структурная информация является предпосылкой более высоких значений успешности (чем при условии случайности).

**Гипотеза интеллекта:** величина связи между флюидным интеллектом и успешностью управления увеличится в зависимости от количества информации, имеющейся у испытуемых.

**Метод:**

**Испытуемые:**

75 студентов психологического факультета первого года обучения (32 мужчин) в Университете Сиднея.

### Дизайн

3 уровня структурной информации, имеющейся у участников (полная, частичная и отсутствие информации).

- 1) полная информация: испытуемые были проинформированы обо всех отношениях между переменными
- 2) частичная информация: обо всех отношениях, кроме одного.
- 3) отсутствие информации: испытуемые не получали никакой информации о базовой структуре системы.

Три зависимые переменных были получены: успешность управления для фазы 1, успешность управления для фазы 2 и успешность в тесте на интеллект.

- 1) Успешность управления: разница между значениями входящих переменных, сделанными испытуемым, и оптимальными значениями, необходимыми для достижения цели (т.е. для определенных значений результативных переменных). Разница между фактическим и оптимальным значением считается с помощью формулы (в Евклидовой метрике):

$$D_{\text{Euclid}} = \sum_{t=1}^7 \sqrt{\sum_{i=1}^3 (x_{it}^{\text{actual}} - x_{it}^{\text{optimal}})^2}$$

- 2) Баллы по тесту интеллекта: Прогрессивные Матрицы Равена.

Материал: задача состоит из 3 входящих (на рисунке A,B,C) и 3 результативных переменных (X,Y,Z), связанных системой линейных уравнений

$$\begin{aligned} X_{t+1} &: = 1.0 \cdot X_t + 0.8 \cdot A_t + 0.8 \cdot B_t + 0.0 \cdot C_t \\ Y_{t+1} &: = 0.8 \cdot Y_t + 1.6 \cdot A_t + 0.0 \cdot B_t + 0.0 \cdot C_t \\ Z_{t+1} &: = 1.2 \cdot Z_t + 0.0 \cdot A_t + 0.0 \cdot B_t - 1.0 \cdot C_t \end{aligned}$$

### Процедура:

Комплексная задача была представлена испытуемому на компьютере. Участники не изучали систему активно, а им предоставлялась запись 7 испытаний. На рисунке 1 представлено графическое изображение задачи, где стрелки показывают связи между переменными, в то время как положительные и отрицательные знаки обозначают направление связи, и буквы обозначают силу связи, («W» слабая связь, "M" - средняя и "S" – сильная связь). Испытуемые в условиях частичной информации получили схожую инструкцию, но им не показывали эффект входящей переменной B на результативную X. В условиях отсутствия информации входящие переменные изменялись в серии испытаний. Эта модель отражает то, что могло бы наблюдаться в ситуации, когда испытуемый не приобретает знаний о системе при столкновении с задачей исследовать устройство последней. Все входящие переменные варьируются, в то время как результат не связан с индивидуальными эффектами. При этом в конце каждого испытания экспериментатор объясняет, какие результативные переменные были изменены, но все это безотносительно структуры системы, и подтверждающей информации испытуемые не получают.

Во второй части исследования испытуемые должны были изменять значения входящих переменных для получения определенных значений результативных. Информация о системе, соответствующая каждому из условий, была представлена на экране. Было проведено 2 этапа из 7 испытаний каждый. Каждое из испытаний требовало принятия 3 решений (количественное изменение входящих переменных). После 7 испытаний (этап 1) графики «сбрасывались», и задавались новые цели (этап 2). По завершении, выполнялся тест Равена.

## Результаты.

Был проведен анализ внутренней согласованности с целью определения уровня изменчивости в успешности управления в разных сериях и при различных поставленных целях. Надежность довольно высокая во всех условиях для 14 серий ( $\alpha$  complete=.89,  $\alpha$  partial=.79,  $\alpha$  no=.82): для первой серии из 7 ( $\alpha$  complete=.87,  $\alpha$  partial=.72,  $\alpha$  no=.73); для второй серии из 7 ( $\alpha$  complete=.72,  $\alpha$  partial=.63,  $\alpha$  no=.70). В сравнении с этим, надежность случайно сгенерированных значений входящих переменных была слабой во всех 14 сериях ( $\alpha$  случайный = 0,34), и в течение первых 7 серий ( $\alpha$  случайный= 0,28), и во второй серии ( $\alpha$  случайный = 0,41).

### Гипотеза успешности

Для определения того, было ли управление в условиях лучше случайного, был проведен множественный регрессионный анализ. В первой фазе среднее по успешности управления было 11,03 (SD = 4,10) при полной информированности, 14,17 (SD = 3,57) при частичной информированности и 16,39 (SD = 4,44) при неинформированности. Во второй фазе среднее 10,33 (SD = 5,25) при полной информированности, 13,82 (SD = 3,96) при частичной информированности и 16,76 (SD = 4,25) при неинформированности. Среднее в условиях случайности было 16,77 (SD = 2,18) в первой серии, а 18,96 (SD = 2,34) во второй серии.

В подтверждение гипотезы успешности: успешность управления при полной информированности была значительно лучше, чем в условиях случайности (в обоих этапах соответственно);

$$b = - 5,74, t(96) = - 5,52, p < 0,01, F 2 = 0,32 (1)$$

$$b = - 8,63, t(96) = - 7,46, p < 0,01, F 2 = 0,58 (2)$$

При частичной информированности, чем случайное:

$$b = - 2,60, t(96) = - 2,50, p = .01, f2 = .07$$

$$b = - 5,14, t(96) = - 4,44, p < .01, f2 = .21.$$

В отличие от этого, при неинформированности значения существенно не отличались от случайного ни в одном из этапов;

$$b = -. 38, t(96) = - 0,37, p = 0,72, F 2 = 0,001$$

$$b = - 2,19, t(96) = - 1,90, p = 0,06, F 2 = 0,04,$$

Только информированные испытуемые управляли лучше, чем в условиях случайности.

**Гипотеза информационная:** насколько успешность управления зависит от количества полученной информации о системе. В подтверждение информационной гипотезы, в 1 и 2 этапах, управление при полной и частичной информированности было значительно лучше, чем при неинформированности;

$$b = 3,22, t(71) = 3,30, p < 0,01, F 2 = 0,15, (1)$$

$$b = 3,81, t(71) = 3,70, p < 0,01, F 2 = 0,19, (2)$$

Управление при полной информированности было значительно лучше, чем в условиях частичной в 1,2;

$$b = - 3,07, t(71) = - 2,82, p < 0,01, F 2 = 0,11$$

$$b = - 3,81, t(71) = - 2,94, p < 0,01, F 2 = 0,12.$$

Эти различия не зависят от разности в баллах по интеллекту, хотя баллы по тесту Равена были достоверным предиктором успешности в обоих этапах с поставленной целью;

$b = -.23$ ,  $t(71) = -2.95$ ,  $p < 0.01$ ,  $F(2) = 0.12$

$b = -.34$ ,  $t(71) = -4.24$ ,  $p < 0.01$ ,  $F(2) = 0.25$ .

Увеличение количества информации повышает успешность, даже небольшие изменения в количестве доступной информации оказывают значительное влияние на успешность.

#### **Гипотеза интеллекта:**

Предполагалось, что связь интеллекта и управления будет усиливаться в зависимости от количества информации. Как можно видеть в таблице 1, на обоих этапах связь интеллекта и управления сильная в условиях полной информированности, тогда как при остальных условиях связь от слабой до умеренной.

Для того, чтобы определить, является ли сила связи между интеллектом и успешностью управления разной в различных условиях, был проведен дополнительный анализ, результаты представлены в таблице 2. Из значений следует, что гипотеза интеллекта не подтверждается. Возможно, что успешность управления связана с флюидным интеллектом независимо от объема доступной информации о системе.

#### **Выводы:**

Подтверждена информационная гипотеза: успешность повышалась при увеличении объема доступной информации о системе. Относительно гипотезы успешности: управление было лучше при полной или частичной информированности, чем в условиях случайности (т.е. при отсутствии информации о системе управления фактически нет, результат подобен случайным изменениям параметров). Гипотеза интеллекта не подтвердилась. Хотя показано, что связь управления и интеллекта имеет разную силу при разных условиях информированности, эффект модерации был слишком мал. Это значит, что качество принятия решений в данных задачах при разных уровнях информированности связано с интеллектом, но в разной степени.

Результаты данного исследования показывают, что успешное решение задач (управление динамическими системами) требует специфических знаний, которые нельзя приобрести в результате опыта (просто пытаюсь управлять системой). Кроме того, индивидуальные различия в уровне интеллекта, по-видимому, играют роль в использовании имеющейся информации и последующего применения полученных знаний. Таким образом, данную успешность можно рассматривать как функцию от объема доступной информации в сочетании с возможностью использовать эту информацию.

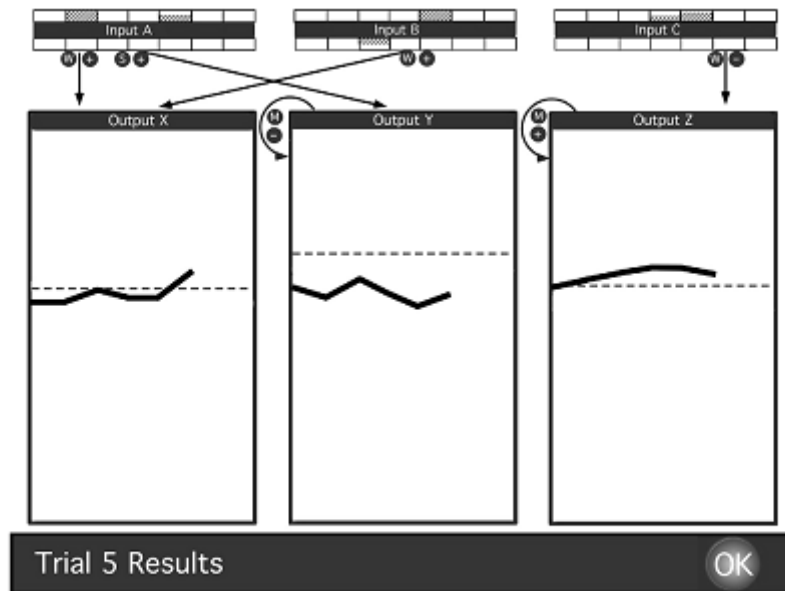


Fig. 1. Screenshot of the task, as presented in the complete information condition, with the goals indicated as dotted lines on the graphs for the output variables. In this example, the fictitious problem solver set all inputs to zero in trial 1; in trial 2 only Input A was set to its maximum positive value while all other inputs were set to zero; in trial 3 Input B was set to a medium negative value; in trial 4 Input C was set to a medium positive value. In trial 5 all inputs were changed: Input A was set at a medium positive value, Input B at the maximum positive value and Input C was set to three quarters of its maximum positive value.

**Table 1**  
The relationship between APM scores and control performance in each phase by condition.

	Complete information	Partial information	No information
Goal 1	-.53*	-.25	-.19
Goal 2	-.61*	-.29	-.37*

\*  $p < .05$ , one tailed.

**Table 2**  
Results of two moderator analyses examining the dependency of the relationship between control performance (phase 1 and phase 2, respectively) and fluid intelligence (APM score).

Step	Variables entered	$\beta$	$t$	$p$	$R^2_{\text{change}}$	$F$
<i>Control phase 1</i>						
1	APM	-.29	-2.90	<.01	.312	16.36
	Condition	-.43	-4.28	<.01		
2	APM	-.01	-.05	.96	.014	1.48
	Condition	-.02	-.06	.95		
	APM $\times$ Condition	-.55	-1.22	.23		
<i>Control phase 2</i>						
1	APM	-.39	-4.22	<.01	.406	24.64
	Condition	-.43	-4.69	<.01		
2	APM	-.10	-.44	.66	.016	1.92
	Condition	-.01	-.02	.98		
	APM $\times$ Condition	-.58	-1.39	.17		

Note: The degrees of freedom for the  $F$ -test of  $R^2_{\text{change}}$  in the step 1 models are (2,72) and for the step 2 models are (1,71).