

УДК 159.9.07

ИЗУЧЕНИЕ СКРЫТЫХ КОМПОНЕНТОВ СЛОЖНОЙ СЕНСОМОТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М.Н. Шевцов, О.С. Воротилова

Аннотация

Использование описанных в статье хронометрических методик позволит с достаточно высокой точностью оценивать параметры скорости и точности выполнения отдельных, скрытых от непосредственного измерения операций в деятельности человека.

Ключевые слова: сенсомоторная деятельность, структура деятельности, операции, время выполнения деятельности, точность деятельности, оценка параметров деятельности, проектирование деятельности.

Вплоть до настоящего времени остается открытым вопрос о возможности объективного измерения внутренних параметров содержания даже самых простых проявлений сенсомоторной реакции. Еще со времен открытия И.М. Сеченовым явления «сенсомоторной дуги» известно, что самое простое сенсомоторное реагирование представляет собой совокупность не менее чем четырех компонентов деятельности: обнаружения сигнала, передачу в центральные отделы мозга и переработки этой информации, его передачу на исполнительные органы, а также собственно моторного акта реагирования [1].

Существовавшие до сих пор средства измерения времени простой и сложной реакции человека фиксировали лишь суммарный результат этой сложной деятельности, то есть время выполнения задания и вероятность возникновения ошибок. Однако ввиду необходимости, возникшей в психологии труда и инженерной психологии, связанной с проектированием и оценкой сложных современных систем управления, старый подход к измерениям перестал оправдывать себя [2]. Связано это с тем, что в структуре сложной операторской деятельности необходимо учитывать время и точность выполнения отдельных простых операций (арифметических, логических, двигательных и пр.), оценка которых до сих пор производится с весьма низкой точностью. Это не дает возможности оптимизировать состав и содержание деятельности человека-оператора как на этапе проектирования систем управления, так и при оценке уже существующих систем.

Благодаря разработкам, проведенным в лаборатории психологических проблем высшей школы Казанского университета, появилась возможность не только выявления, но и оценки скрытых от прямого измерения параметров переработки информации испытуемыми. Еще в 80-е годы XX в. в лаборатории под руководством Н.М. Пейсахова была разработана система методик и создана

автоматизированная аппаратура для измерения параметров сложной сенсомоторной деятельности, включающая выполнение арифметических и логических операций (разработка проводилась в рамках хоздоговора с Институтом психологии РАН «Астра»). Первоначально набор методик предназначался для изучения функционирования сенсомоторной системы и интеллектуальной сферы в сложных условиях деятельности. Эта серия состояла из шести хронометрических методик, усложняющихся по структуре деятельности испытуемого. В более поздних исследованиях использовался компьютерный вариант этих методик, разработанный в 2002 г. инженером кафедры психологии Казанского государственного университета Р.Г. Вагаповым. Программа, обеспечивающая работу этих методик, получила название «Astra» и требует индивидуальной настройки на каждый компьютер, на котором она используется. Подробно состав методик и содержание инструкций к ним приведены в литературе [3].

Каждому из испытуемых предъявляется последовательно с интервалом в шесть секунд набор цифровых сигналов. При этом каждый из наборов выбирается из некоторой псевдослучайной последовательности, задаваемой экспериментатором. По каждой из методик предъявляется не менее 30 сигналов.

Первая методика представляет собой изучение времени простой сенсомоторной реакции на предъявление зрительного раздражителя в виде цифрового сигнала. При этом независимо от того, какой сигнал предъявляется, испытуемый может пользоваться нажатием на любую кнопку пульта испытуемого (в приборном варианте методики) или кнопку «↓» на клавиатуре компьютера.

Вторая методика предназначена для изучения простейшей реакции выбора. При этом испытуемому предъявляется псевдослучайный ряд цифр (по одной), реагировать на которые необходимо по определенным правилам. Если загоревшаяся цифра четная, то необходимо правой рукой нажать на кнопку с четной цифрой (например, «4»), если же цифра нечетная, то нажимать нужно левой рукой кнопку с нечетной цифрой (например, «1»). В компьютерном варианте методики кнопке «4» соответствовала кнопка «→», а кнопке «1» – «←».

Третья методика является простым механическим усложнением второй. Испытуемому в каждом предъявлении показывается двузначное число, четность суммы цифр которого он и должен оценить. Реагирование должно осуществляться по тем же правилам, что и во второй методике.

Четвертая методика представляет собой дальнейшее усложнение третьей. В каждом замере испытуемому предъявляется последовательно две пары цифр, то есть два двузначных числа (в приборном варианте методики) или одновременно четыре цифры (в компьютерной версии методики). Задача испытуемого состоит в том, чтобы оценить четность суммы всех четырех цифр. Реагирование должно осуществляться по описанным для второй и третьей методик правилам.

Пятая методика с алгоритмической точки зрения более проста. Испытуемый должен при одновременном предъявлении пары цифр, определить, которая из них больше. Реагирование при этом должно осуществляться по следующим правилам. Если больше левая цифра, то необходимо левой рукой нажать на левую кнопку (например, «1»), а если больше правая цифра, – то правую кнопку (например, «4»). Поскольку в предъявляемой псевдослучайной последовательности исключалась возможность появления пары одинаковых цифр,

то третьего варианта реагирования не существует. В компьютерной версии методики необходимо нажимать на кнопку «←», если больше левая цифра, и на кнопку «→», если больше правая.

Шестая методика – самая сложная по алгоритму своего решения. В каждом замере испытуемому по псевдослучайному закону предъявляется одновременно две цифры. Задача его состоит в следующем:

- а) запомнить предъявленное двузначное число;
- б) цифры, входящие в число, сложить;
- в) из запомненного числа вычесть сумму входящих в него цифр;
- г) оценить четность полученной разности.

При получении четного или нечетного результата реагировать нужно так же, как во второй, третьей и четвертой методиках.

В аппаратном и компьютерном вариантах каждой из методик фиксируются следующие параметры деятельности:

- время принятия решения в каждом замере;
- предъявляемые сигналы;
- нажатая испытуемым кнопка.

Производится также оценка правильности ответа испытуемого. Все эти сведения отображаются в распечатке протокола.

Основаниями для выбора именно этой диагностической батареи были следующие факторы.

Во-первых, деятельность испытуемого в соответствии с инструкцией достаточно легко алгоритмизируется, а следовательно, отход от заданного алгоритма достаточно легко обнаружить по результатам (времени и точности выполнения деятельности).

Алгоритм деятельности испытуемого в первой методике можно записать следующим образом:

$$\text{Об} + \text{ПР} + \text{МК}, \quad (1)$$

где Об – процесс обнаружение сигнала, ПР – процесс прохождения сигнала и принятия решения о реагировании, МК – моторный компонент деятельности (движение).

Для второй методики алгоритм будет иметь более сложную структуру:

$$\text{Об} + \text{Оп} + \text{ЛО} + \text{ПР} + \text{ВСП} + \text{МК}, \quad (2)$$

где Оп – операция опознания сигнала (узнавание цифры), ЛО – логическая операция по оценке четности/нечетности цифры, ВСП – выбор способа реагирования, а все остальные обозначения соответствуют формуле (1).

Третья методика характеризуется следующим описанием структуры деятельности испытуемого:

$$\text{Об} + 2\text{Оп} + \text{АО} + \text{ЛО} + \text{ПР} + \text{ВСП} + \text{МК}, \quad (3)$$

где АО – арифметическая операция сложения появившихся цифр, а операция опознания должна быть повторена дважды, так как на табло появляются одновременно две цифры.

В рамках четвертой методики испытуемый должен был реализовать следующий алгоритм:

$$\text{Об} + 4\text{Оп} + 3\text{АО} + \text{ЛО} + \text{ПР} + \text{ВСП} + \text{МК}. \quad (4)$$

В рамках этого алгоритма возникает необходимость опознать четыре цифры и трижды использовать операцию сложения.

Алгоритм пятой методики выглядит несколько проще, что соответствует уровню сложности выполняемой испытуемым деятельности:

$$\text{Об} + 2\text{Оп} + \text{ЛО} + \text{ПР} + \text{ВСП} + \text{МК}, \quad (5)$$

где ЛО – логическая операция сравнения двух цифр по величине.

В шестой, самой сложной методике алгоритм выглядит следующим образом:

$$\text{Об} + 2\text{Оп} + 4\text{АО} + \text{ЛО} + \text{ПР} + \text{ВСП} + \text{МК}. \quad (6)$$

В этом случае арифметические операции различны (сложение и вычитание) и производятся над двузначными числами, что удваивает количество совершаемых операций.

Во-вторых, как показали пилотажные исследования, алгоритм, заложенный в инструкции, используют не все испытуемые. Довольно часто в третьей, четвертой и шестой методиках испытуемые применяют другие способы решения, не только дающие правильный результат, но и позволяющие получить лучшие результаты (по времени и точности решения). В частности, в третьей и четвертой методиках можно избежать выполнения арифметических операций, так как простейший подсчет четных (или нечетных) цифр дает тот же результат. Особенно это эффективно в четвертой методике, где три арифметические операции заменяются одной – операцией подсчета нечетных цифр. Это ощутимо сказывается на результатах измерения (и время принятия решения, и количество ошибок заметно сокращаются). При этом алгоритмы деятельности в третьей и четвертой методиках приобретают следующий вид:

$$\text{Об} + 2\text{Оп} + 3\text{ЛО} + \text{ПР} + \text{ВСП} + \text{МК}, \quad (7)$$

$$\text{Об} + 4\text{Оп} + 4\text{ЛО} + \text{АО} + \text{ПР} + \text{ВСП} + \text{МК}. \quad (8)$$

Однако наибольший интерес для исследования представляет шестая методика. В ходе пилотажного исследования возможностей этой методики было найдено, по крайней мере, несколько алгоритмов ее решения, начиная от того, который предусмотрен инструкцией, и до оптимального, обеспечивающего максимальную точность выполнения заданий при минимальных затратах времени.

Достаточно просто, например, прийти к выводу о том, что при предъявлении двух четных цифр никаких вычислений производить не надо, поскольку сложение и вычитание двух цифр всегда будет давать четный результат. Следовательно, алгоритм деятельности при появлении двух четных цифр сведется к следующему:

$$\text{Об} + 2\text{Оп} + \text{ПР} + \text{ВСП} + \text{МК}, \quad (9)$$

то есть становится аналогичным алгоритму деятельности в третьей методике в ее упрощенном варианте. Необходимо отметить, что данный алгоритм позволяет ускорить и повысить точность решения только некоторых из задач батареи, когда две представленные цифры четные. Во всех остальных частных задачах затраты времени и точность остаются соответствующими классическому алгоритму деятельности.

Некоторые испытуемые обнаруживали алгоритм, существенно отличающийся от инструкции и позволяющий заметно сократить время решения и уменьшить количество ошибок. Его суть состоит в том, что можно производить

оценку результата без использования арифметических вычислений. При этом оценивается соотношение четности или нечетности запомненного числа и суммы цифр, а алгоритм можно записать следующим образом:

$$Об + 2Оп + 3ЛО + ПР + ВСР + МК. \quad (10)$$

Данный алгоритм позволяет заменить сложные для выполнения арифметические операции достаточно простыми логическими, что сказывается как на времени, так и на точности выполнения заданий методики. При этом данный алгоритм может быть использован для решения всех задач теста.

В конечном итоге можно обнаружить и оптимальный алгоритм решения, при котором четность или нечетность результата определяется исключительно четностью или нечетностью первой цифры числа. Если первая цифра четная, то и результат четный, и наоборот. Алгоритм такой деятельности можно записать в следующем виде:

$$Об + Оп + ЛО + ПР + ВСР + МК. \quad (11)$$

Таким образом, этот алгоритм полностью совпадает с последовательностью действий для второй методики и должен позволяет выполнять действия с минимальным количеством ошибок и за минимальное время. Данный алгоритм, так же как и предыдущий, может быть использован при обработке любых сочетаний цифр.

Как видно из предыдущего описания выполнение каждой из методик может быть представлено в виде выполнения последовательных операций, то есть линейного уравнения. В то же время результат выполнения методики каждым испытуемым может быть оценен как по времени решения, так и по точности выполнения некоторого набора заданий.

Исходя из всего изложенного выше, мы имеем шесть методик, представленных линейными уравнениями, описывающими последовательность этапов выполнения деятельности, и семь параметров, которые в них могут быть измерены. Если при этом мы объединим элемент принятия решения (ПР) с элементом моторного компонента реагирования (МК) и заменим их общим обозначением ПМК – принятие решения и движение, то можно составить систему из шести линейных уравнений с шестью неизвестными:

$$\left\{ \begin{array}{l} Об + ПМК = ВР1, \\ Об + Оп + ЛО + ВСР + ПМК = ВР2, \\ Об + 2Оп + АО + ЛО + ВСР + ПМК = ВР3, \\ Об + 4Оп + 3АО + ЛО + ВСР + ПМК = ВР4, \\ Об + 2Оп + ЛО + ВСР + ПМК = ВР5, \\ Об + 2Оп + 4АО + ЛО + ВСР + ПМК = ВР6. \end{array} \right.$$

В данной системе уравнений ВР1 – ВР6 – значения времени сложной сенсомоторной реакции, полученные по каждой из методик. Решение этой системы шести линейных уравнений с шестью неизвестными позволит достаточно точно оценить затраты времени на выполнение отдельных операций, входящих в состав сложной сенсомоторной деятельности.

Приведенная выше система уравнений может быть использована только в том случае, когда испытуемый в точности выполняет инструкцию. Не следует

забывать, что некоторые испытуемые выбирают нестандартные способы решения отдельных задач и методики в целом, что приведет к необходимости корректировки отдельных уравнений системы или необходимости добавления в систему новых уравнений.

Следует особо оговорить, что использование таких способов выявления и оценки элементов сложной сенсомоторной деятельности испытуемых возможно лишь по отношению к индивидуальным данным, поскольку в процессе стандартизации методик было выявлено достаточно заметное индивидуальное варьирование способов решения задач испытуемыми. Отсюда вытекает вывод об отсутствии возможности использовать этот подход при анализе усредненных по группе испытуемых данных, что подтверждается и результатами пилотажного исследования, проведенного одним из авторов в 90-е годы XX в. В результате этих исследований были получены некорректные решения (отрицательные значения времени выполнения заданий) для ряда компонентов деятельности.

Более того, поскольку испытуемый в процессе выполнения методики может менять алгоритм своей деятельности, система уравнений может быть расширена, что позволит увеличить точность измерения скрытых параметров деятельности. В частности, предоставляется возможность оценить таким образом время и точность выполнения различных логических операций («больше – меньше» и «чет – нечет»).

Аналогичную систему уравнений можно решать и относительно точности выполнения элементов сложной сенсомоторной деятельности (для учета количества допущенных ошибок в серии измерений), что позволит оценить вероятность совершения ошибок при выполнении отдельных операций. Более того, при изменении содержания деятельности предоставляется возможность измерения и иных компонентов деятельности, например: время обращения к оперативной памяти, оперирование двузначными числами, качественная оценка величины изменения показателей и т. п. Не претендуя на завершенность исследования, мы предлагаем лишь подход к изучению скрытых от прямого измерения компонентов сложной деятельности человека-оператора.

Таким образом, предлагаемый набор методик и способ обработки результатов позволяют оценить время и точность выполнения не целостной, интегрированной сенсомоторной деятельности, а скрытых от прямого измерения ее компонентов. Это позволит с гораздо большей точностью решать задачи профессионального отбора специалистов по управлению информационными системами, оценивать и проектировать современные системы управления и формировать новые подходы к изучению содержания психических процессов.

Summary

M.N. Shevtsov, O.V. Vorotilova. The Research Latent Elements of Difficult Sensomotor Activities.

Use of the chronometric techniques described in article will allow to estimate parameters of speed and accuracy of performance of the separate operations hidden from direct measurement, in activity of the person.

Key words: sensomotor activities, structure activity, operation, the time of the activity, accuracy of activity, evaluation activities, projection activities.

Литература

1. *Бернштейн Н.А.* Очерки по физиологии движений и по физиологии активности. – М.: Медицина, 1966. – 349 с.
2. *Стрелков Ю.К.* Инженерная и профессиональная психология. – М.: Академия, 2001. – 360 с.
3. *Шевцов М.Н.* Возможности использования хронометрических методик для диагностики способности к самоуправлению // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Гуманит. науки. – 2008. – Т. 150, кн. 3. – С. 129–138.

Поступила в редакцию
21.04.09

Шевцов Марк Наумович – старший преподаватель кафедры психологии кризисных и экстремальных ситуаций Казанского государственного университета.

E-mail: Mshevsov@ksu.ru

Воротилова Ольга Сергеевна – старший преподаватель Марийского филиала Московской открытой социальной академии, г. Йошкар-Ола, соискатель факультета психологии Казанского государственного университета.