

УДК 159.9

КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАЗЛИЧИЙ В ЗАДАЧЕ «КОМПРОМИСС СКОРОСТЬ– ТОЧНОСТЬ» МЕТОДОМ ПЕРИОДОГРАММЫ¹

Д.Ю. Баланев^а, И.А. Куликов^а

^а Томский государственный университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36

Определяются признаки, позволяющие детализировать факторы, которые приводят к нарушению закона П. Фиттса, связывающего дистанцию, преодолеваемую человеком для поражения мишени, с точностью и временем движения. Для поиска такого набора признаков используется частотный анализ двух временных рядов, отображающих точность и время решения задачи П. Фиттса. В исследовании проанализирован набор данных, полученный при работе 1 023 испытуемых, каждый из которых выполнил 120 задач. Выявлено, что ситуация проявления закона П. Фиттса на уровне периодов, которым подчиняется изменение дистанции, характерна для подавляющего большинства испытуемых. Однако характер проявления периодичности очень изменчив. Показано, что прием «навязывания» периодичности в изменении дистанции позволяет выявить основания для интерпретации этой изменчивости с точки зрения наличия специфических психологических новообразований. При помощи метода периодограммы выявлен ряд признаков, компактно описывающий проявления индивидуальных различий с точки зрения этих новообразований.

Ключевые слова: закон Фиттса; задача; время; точность; периодограмма; частотный анализ; конструирование признаков; индивидуальные различия.

Экспериментальная платформа «компромисс скорость–точность» до сих пор остается одной из наиболее популярных моделей когнитивной деятельности и используется для проверки гипотез о том, как человек решает широкий класс задач [1–5]. Интерес к этой платформе определяется широким набором ее исследовательских и психодиагностических возможностей, построенных на значительном количестве переменных, управление и контроль за которыми могут производиться не только в лабораторных условиях, но и в реальной жизнедеятельности. Большое количество доступных исследователю переменных порождает сложность в планировании и обработке полученных результатов. В данной работе мы обращаем внимание на этот аспект с точки зрения поиска новых подходов в обобщении экспериментальных данных. Основной целью для нас является поиск статистических критериев, обобщающих значительные объемы данных в виде компактных, но представительных числовых показателей. В последние годы

¹ Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № 0721-2020-0040.

это направление известно под названием «конструирование признаков» (feature engineering). Особое значение оно приобрело в связи с развитием машинного обучения еще и потому, что оказалась возможной автоматизация выявления значимых признаков [6–8].

Характер данных, получаемых в исследовании «компромисс скорость–точность», во многом определяет возможный набор методов статистического обобщения. В данном случае мы имеем в виду анализ временных рядов – один из видов статистического анализа, открывающий возможность проведения частотного анализа для поиска скрытых закономерностей. В случае периодической природы временных рядов оказывается доступным ряд методов частотного анализа, среди которых одним из первых стал популярным до сих пор анализ периодограмм [9–11].

Единицей испытания в нашем случае является задача сложной реакции выбора. В качестве стимула используется мишень, центр которой как ключевую точку должен определить пользователь своей реакцией [12, 13]. Всего в испытании используется последовательность из 120 задач, разделенных на две равные последовательности характером инструкции, которая сначала ориентирует испытуемого на точность указания мишени, а затем на скорость этого действия. На рис. 1 представлена визуализация результата исследования одного испытуемого, где можно видеть 120 столбцов, разделенных вертикальной линией, проходящей между отметками «60» и «61» горизонтальной шкалы.

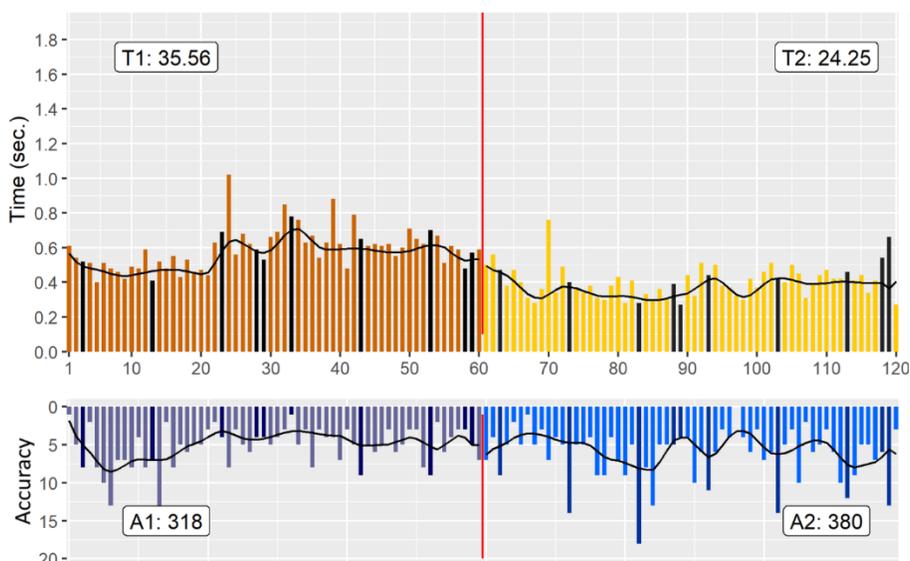


Рис. 1. Графическое изображение результатов исследовательской методики «компромисс скорость–точность»: T1 – общее время решения задачи с инструкцией на точность; T2 – общее время решения задачи с инструкцией на скорость; A1 – сумма всех ошибок с инструкцией на точность в пикселях; A2 – сумма всех ошибок с инструкцией на скорость в единицах разрешения экрана

Местоположение центра мишени меняется от задачи к задаче таким образом, чтобы вызвать необходимость преодолевать в движении рукой заранее определенные исследователем отрезки пространства экрана, которые мы будем называть дистанцией. Результатом решения задачи являются время реакции и точность, которая определяется как разница между реальным центром мишени и той точкой, которая была указана испытуемым. Таким образом, мы имеем возможность установить связь между независимой переменной – дистанцией, и двумя зависимыми переменными – временем реакции и точностью определения мишени. Время измеряется в долях секунды, точность – в условных единицах, суммирующих отклонения найденного испытуемым центра от реального центра мишени по вертикали и горизонтали и измеряемых как количество минимальных элементов дискретизации экрана (шкалы Time и Accuracy на рис. 1).

В качестве исходного предположения о характере связи между независимой и зависимыми переменными мы используем закон П. Фиттса, в котором зависимая и независимая переменные обобщаются математически описываемой закономерностью [14]. Эта закономерность может быть нарушена вследствие действия различных внешних обстоятельств, которые не всегда находятся под контролем исследователя. Например, закономерность изменения дистанции от задачи к задаче может стать дополнительной переменной. Самый простой вариант контроля такой переменной состоит в том, чтобы уравнивать расстояния между точкой старта и центром цели во всех задачах. Однако в этом случае возникает возможность влияния фактора прогностических способностей испытуемого. Возникающая в стимульной ситуации определенность значительно снижает площадь, которую должен контролировать испытуемый, – теперь это не все стимульное пространство, а ограниченный набор точек, образующих дугу. Центр дуги совпадает с ключевой точкой только что решенной задачи, а радиус может легко стать очевидным для испытуемого уже после нескольких решенных задач.

Такая ситуация интересна сама по себе как инструмент оценки пространственных способностей человека с точки зрения его прогностических возможностей, однако в общем случае нуждается в контроле. Рандомизация традиционно используется в такого рода обстоятельствах, и в нашем случае она должна применяться к формированию длины отрезка между центрами двух ключевых точек из двух смежных задач.

Очевидно также, что в ситуации закономерного изменения дистанции в последовательно повторяющихся итеративных задачах, притом что эта закономерность неочевидна для испытуемого, в соответствии с законом П. Фиттса мы должны наблюдать также изменение времени и точности решения.

Введение в экспериментальную ситуацию периодического изменения дистанции как еще одной независимой переменной рассматривается нами как исследовательский прием, позволяющий более полно оценить характер нарушений закона П. Фиттса, выявить их многофакторную природу, сде-

лать более доступными для исследователя проявления психологических новообразований, лежащих в основе решения человеком широкого спектра задач.

Периодичность была сконструирована нами таким образом, что для построения последовательности из 60 задач мы использовали два идентичных набора стимулов, полностью повторявших размер и положение мишеней. В свою очередь, каждый из этих двух наборов был представлен тремя последовательностями из 10 задач, и пространственное положение мишени в каждой задаче изменялось в небольших пределах таким образом, что дистанция оказывалась постоянной величиной для задач с одинаковым номером в каждой последовательности. Таким образом, для полного набора задач испытанию было представлено два скрытых от пользователя периода – один с частотой в 10, другой 30 задач.

Гипотеза исследования состояла в предположении, что при общей тенденции к выполнению закона П. Фиттса мы должны обнаружить в результатах решения наряду с проявлениями заданной периодичности закономерности ее нарушения. При этом мы можем фиксировать различные варианты нарушения связи между дистанцией, временем решения и его точностью. Последний факт возможно интерпретировать с точки зрения наличия различных типологий поведения пользователя и проявления различных психологических новообразований, стоящих за этими типологиями. Для анализа результатов предложенной методики принципиальное значение имеет факт установления периодичности по действиям испытуемого, так как одним из факторов решения задачи «компромисс скорость–точность» является амплитуда движения, характер которого может рассматриваться с точки зрения индивидуальных различий.

На рис. 1 отчетливо заметно проявление периодичности с частотой 10 задач на черной линии, огибающей результаты как по времени, так и по точности. Эта линия представляет собой результат сглаживания «сырых» данных при помощи фильтра 4253H функция sleek из пакета sleekts репозитория CRAN [15]. Однако оценить, насколько надежно эта закономерность проявляется для каждого конкретного испытуемого, а также сделать выводы в отношении того, как часто она может наблюдаться для различных испытуемых, на основании визуальной оценки невозможно. Кроме того, период в 30 задач здесь не определяется вовсе. Поэтому мы перешли к характеристикам, обобщающим проявление периодичности временного ряда в компактном представлении.

Для выявления особенностей проявления «навязанной» испытуемому закономерности мы использовали метод построения периодограммы, основанный на оценке спектральной плотности мощности временного ряда. Периодограмма строилась при помощи функции spec.pgram пакета stats, вычисляющего периодограмму с использованием быстрого преобразования Фурье [16]. Здесь следует отметить, что все вычисления и графические построения выполнялись при помощи системы статистических вычислений R. На языке R специально для этой работы был написан ряд функций,

учитывающий специфику наших данных и особенности обобщения, которые мы хотели получить.

Периодограмма строилась на специально подготовленных данных. В качестве образца здесь можно опираться на алгоритм, принятый для обработки временных рядов в электроэнцефалографии. Обработка ЭЭГ, как правило, не предполагает частотного анализа сырых данных. В нашем случае подготовка данных заключалась в выполнении нескольких последовательных действиях. Во-первых, оба ряда, отражающих показатели времени и точности, подвергались нормализации для приведения к общему масштабу при помощи функции `normalize` пакета `BBmisc` [17]. Из нормализованных данных функцией `detrend` пакета `grasta` удалялся линейный тренд [18]. Третий шаг состоял в применении сглаживающего фильтра 4253Н. Полученная на сглаженных данных периодограмма использовалась для визуализации и автоматической оценки выраженности предполагаемых периодов. Построение графиков и их пространственное взаиморасположение производились с помощью библиотек `ggplot2` и `cowplot` [19, 20].

Примеры визуализации периодограммы приведены на рис. 2–6. На каждом рисунке представлен упорядоченный набор из четырех графиков. Графики, обозначенные метками `Time 1` и `Time 2`, представляют периодограммы переменной времени решения задачи с инструкцией на точность и скорость соответственно. Графики `Accuracy 1` и `Accuracy 2` отражают периодограммы переменной «точность» с теми же инструкциями. На периодограммах мы можем оценить спектральную плотность всех возможных периодов (от 1 до 60).

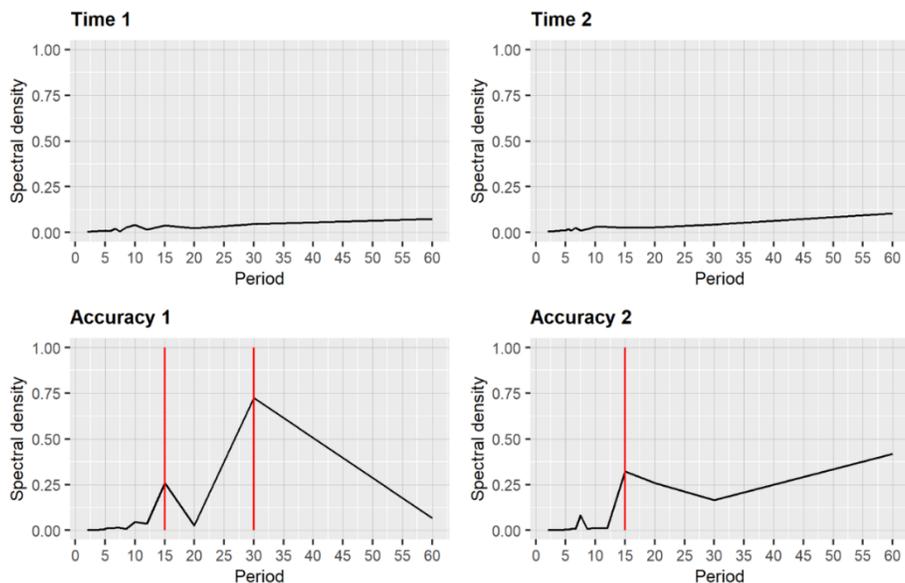


Рис. 2. Периодограмма результатов методики «кромпромисс скорость–точность» с отсутствием периодов в зависимой переменной «время»

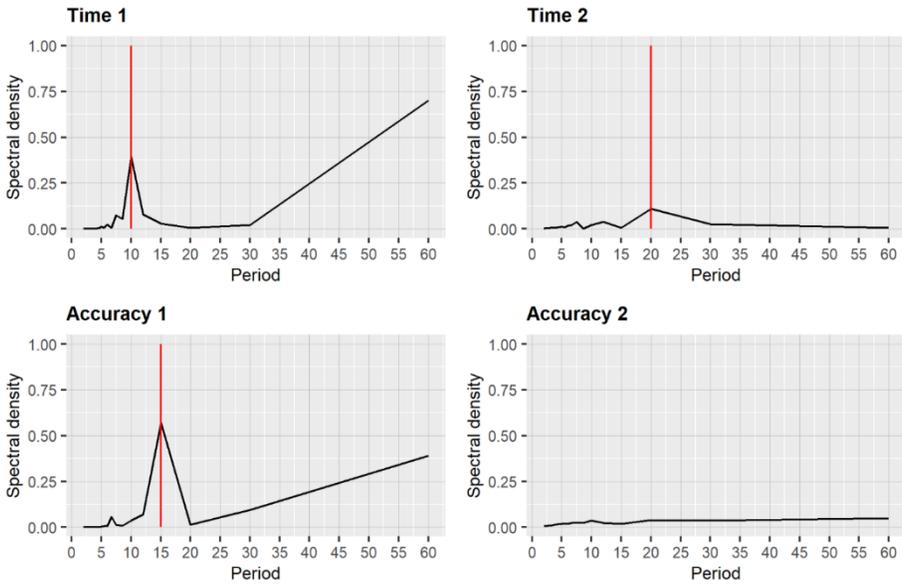


Рис. 3. Периодограмма результатов методики «кромпромисс скорость–точность» со слабым выражением периодичности при установке «на время»

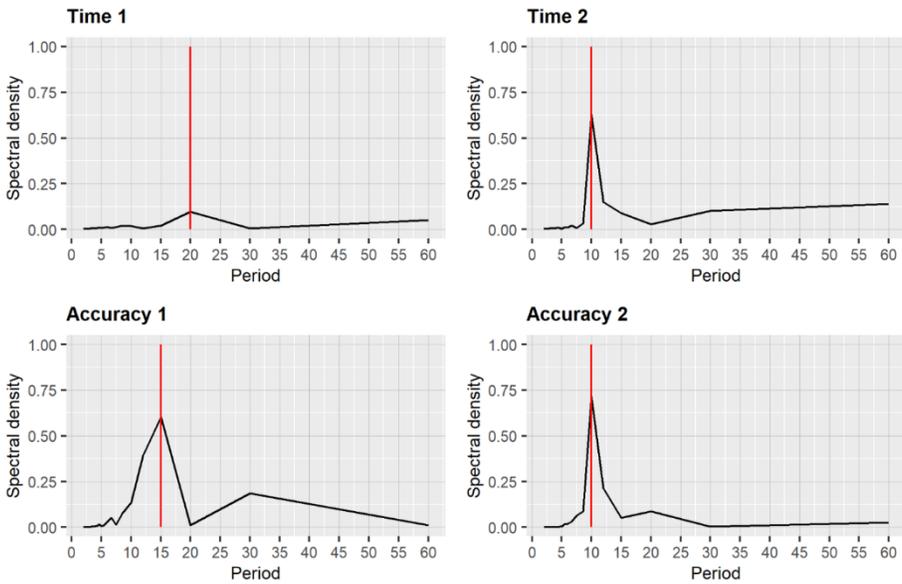


Рис. 4. Периодограмма результатов методики «кромпромисс скорость–точность» с явным выражением периодичности при установке «на время»

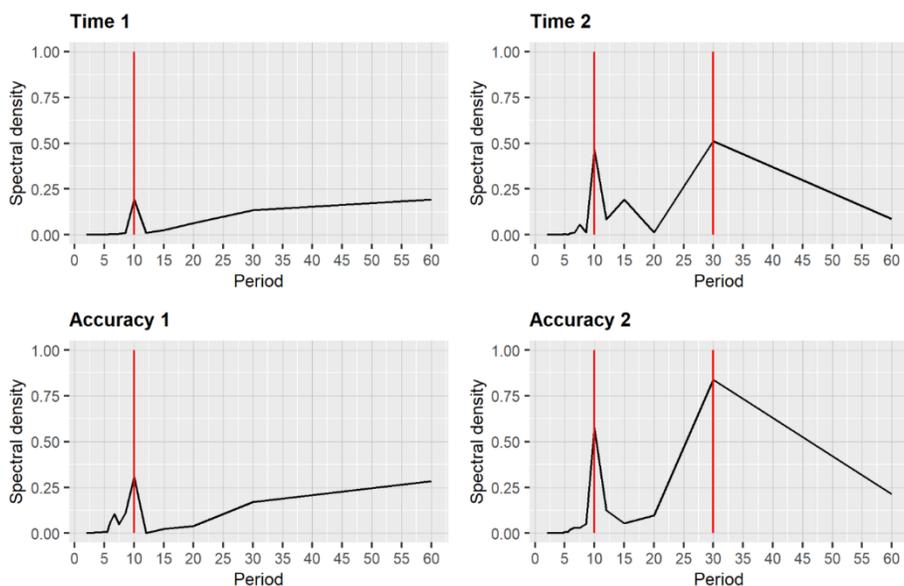


Рис. 5. Периодограмма результатов методики «кромпромис скорость–точность» с максимальным выражением периодичности при установке «на время» и минимальным «на точность»

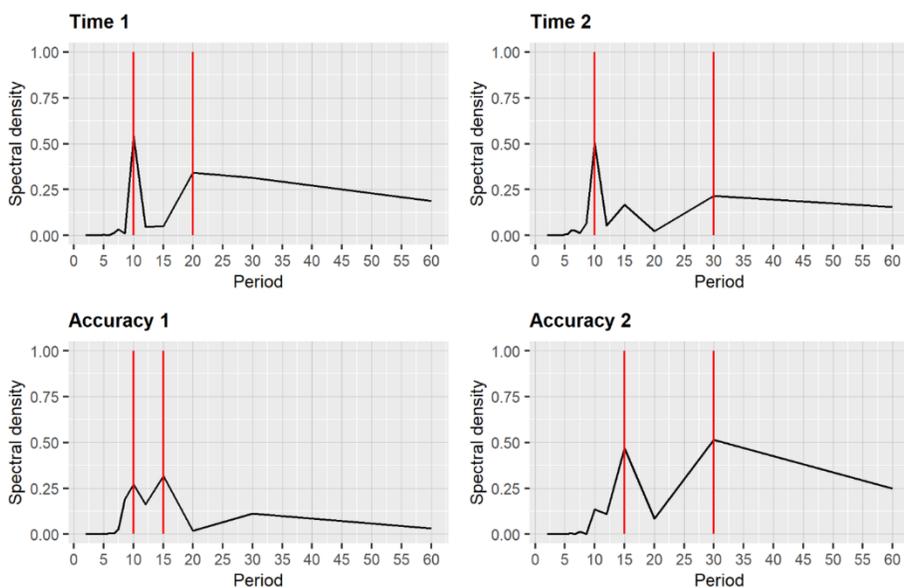


Рис. 6. Периодограмма результатов методики «кромпромис скорость–точность» с максимально выраженной периодичностью по всем переменным

Вертикальные линии отмечают аномалии, представляющие собой явно выраженные периоды, которые видны как наиболее выраженные точки, имеющие характер «всплесков». Определение этих аномалий проводится не только визуально, но и при помощи программы, специально написанной на языке R, и оценивается характер выраженности периодов, которые представляют для нас особое значение.

Кроме периодов со значениями 10 и 30, мы также оценивали периоды в 15 и 20 задач. Последнее обстоятельство было вызвано тем, что в ходе визуального анализа периодограмм отмечено значительное количество случаев определения значимости именно этих периодов, что может быть вызвано несколькими обстоятельствами. Самое очевидное из них – артефакт, причиной которого является сам метод периодограммы. Еще один вариант объяснения заключается в наличии некоторой отсроченной реакции испытуемого на периодичность, которая может быть следствием наличия некоторой «сглаживающей» тенденции, которая присуща индивидуальному стилю решения задачи. Наконец, возможно наличие собственных периодов, характерных для данного испытуемого и не связанных с «навязанной» периодичностью. Существует также возможность смешения всех этих факторов. Мы не можем в данном исследовании сделать однозначный вывод о причинах возникновения тех или иных периодов из-за ограниченности дизайна самого исследования, мы можем лишь воспользоваться полученными результатами как источником исследовательских гипотез в последующих работах. Однако на уровне эмпирических результатов мы можем использовать найденные периоды в 15 и 20 задач как ключевые точки в обобщении данных. В дальнейшем мы включили в процедуру автоматической обработки данных поиск степени выраженности этих периодов, обобщающих частоты их встречаемости в выборке (таблица). Такой подход дает возможность построения простого варианта типологии проявления периодизации, основанной на критерии наличия или отсутствия периодов в ключевых точках как в простейших случаях, так и при композиции различных периодов.

Количество периодограмм, выраженных для периодов 10, 20 и 30 задач

№	Период / частота	Time 1	Time 2	Accuracy 1	Accuracy 2
1	–	25	19	48	44
2	10	420	591	253	246
3	15	251	360	343	392
3	20	230	186	323	315
4	30	536	447	491	530
5	10 & 20	50	62	46	46
6	10 & 30	150	188	75	79
7	20 & 30	68	46	86	105
8	10 & 20 & 30	0	0	0	0

Из таблицы следует, что наиболее часто проявляются периоды в 10 и 30 задач. Несмотря на то, что этот результат вполне ожидаем, мы получаем

здесь два важных вывода. Первый из них касается частоты выраженности каждого из этих периодов – они встречаются лишь немногим более чем в половине случаев (размер выборки 1 023 испытуемых). Второй – выраженность частоты встречаемости для показателя «точность» в периоде 10 задач вдвое ниже, чем для показателя «время». При этом для периода 30 задач такая закономерность не проявляется. Здесь же следует отметить, что одновременно периоды в 10 и 30 задач встречаются втрое реже, чем их одиночные версии. Важно отметить крайние случаи проявления периодичности: если отсутствие какого-либо ее проявления мы все-таки встречаем, как это следует из частот строки 1 в таблице, то одновременное проявление периодов в 10, 20 и 30 задач не зафиксировано вовсе.

Второй вариант представления типичных проявлений в периодограммах точности и времени основан на количестве проявляемых периодов по всем четырем периодограммам. Так, на рис. 2 можно обнаружить низкую выраженность периодограмм по показателю времени, при том что ожидаемый период в 30 задач надежно проявляется только для показателя «точность» при соответствующей инструкции. Здесь же хорошо заметны проявления периода в 15 задач.

Рисунок 3 представляет другую тенденцию – здесь слабо выражены периоды, относящиеся к переменной, задаваемой инструкцией «на скорость», как для времени, так и для точности решения. При этом проявляется «нетипичный» период в 20 задач. На рис. 4, напротив, именно сегмент, относящийся к скоростной установке, проявляется с хорошо определенным периодом в 10 задач, в то время как установка «на точность» мало выражена нетипичным периодом в 20 задач в переменной «скорость» и хорошо заметна на периоде 15 задач в переменной «точность». К этому же типу можно отнести случай, представленный на рис. 5, где испытуемый, выполняющий инструкцию, предписывающую действовать как можно быстрее, демонстрирует ожидаемые периоды в 10 и 30 задач в обеих независимых переменных, при том что действие на точность характеризуется более слабыми периодическими проявлениями, хотя и на ожидаемом периоде в 10 задач.

Пример наиболее явного проявления выраженности заданных в условиях задачи периодов мы видим на рис. 6, где каждая независимая переменная как в установке «на точность», так и установке «на скорость» проявляется в результатах решения задач компромисса в виде ожидаемых периодов, хотя и с некоторым смещением.

Несмотря на то, что оценка периодичности методом периодограммы может быть поставлена под сомнение, поскольку ее дисперсия сопоставима с квадратом математического ожидания, в данном случае она может иметь высокое диагностическое значение. Это возможно потому, что задача состоит не в определении скрытой, а в оценке уже известной, специально сконструированной периодичности. Тот факт, что один или оба периода могут проявиться в характеристиках времени решения задачи, а также в ее результативности (точность), свидетельствует о том, что задача решается

вполне определенным образом. В этом случае можно делать заключение о том, что низкая результативность является следствием ограничений реально существующих способов решения задачи, а не становится проявлением феномена ухода от ее решения.

Выраженность периодов в 10 и 30 стимулов указывает, что движение испытуемого тесно связано с пространственными характеристиками задачи. В соответствии с теорией уровневого строения движений Н.А. Бернштейна геометричность пространственного поля характеризует в наибольшей мере верхний, кортикальный подуровень С2 пирамидно-стриального уровня пространственного поля [21]. Именно этот уровень и является ведущим в строении движения, которым реализуются задачи данного исследования. Отсутствие одного или обоих периодов, изменение их величины, искажение амплитуды – все это становится показателями дефицита в области двигательной активности или, наоборот, признаками более высокого уровня его организации. В последнем случае ведущим становится теменно-премоторный уровень действий, или еще более высокий уровень смыслов. Дифференциацию можно проводить на основании показателей продуктивности, при этом одновременное нарушение цикличности и высокий уровень точности при небольших затратах времени может являться признаком того, что ведущим является более высокий уровень построения движения.

В итоге мы можем отметить следующее:

– адекватным показателем оптимального стиля выполнения теста является проявление периодичности в действиях испытуемого как с точки зрения времени выполнения, так и с точки зрения точности. При этом в ряду переменной «точность» периодичность выражена в меньшей степени и проявляется достаточно редко;

– высокие показатели продуктивности выполнения теста, если они сопровождаются отсутствием периодичности, свидетельствуют о наличии таких психологических новообразований, которые позволяют испытуемому действовать при решении задачи на уровне действий и смыслов (D и E). Это значит, что выполнение задачи включается в уже сложившуюся систему соответствующего уровня;

– при отсутствии выраженной периодичности в результатах как по точности, так и по времени или значительных отклонений цикла от заданного стимульной последовательностью, при низкой точности, задача решается на уровнях построения движения ниже уровня С.

Таким образом оказывается возможным перейти к оценке характерных особенностей результатов испытуемых при помощи компактной модели, способной не только описывать, но и предсказывать поведение испытуемого в ситуации, заданной исследовательской методикой «компромисс скорость–точность». Кроме того, оказалось возможным найти такие основания для типизации, которые неочевидны для качественного анализа и не описываются методами дескриптивной статистики.

В целом можно отметить успешное применение приема конструирования признаков, позволяющее более детально описать характер проявления

индивидуальных различий, обеспечив при этом компактность представления новых описательных признаков. Большое количество используемых нами переменных при ограничениях выбранного дизайна исследования не позволяет сделать статистически значимых выводов в отсутствие достаточной мощной выборки. Однако мы вполне определенно смогли наметить пути совершенствования методик решения итеративных пространственных задач сложной реакции выбора.

Литература

1. Baek J., Park H.J. Bayesian adaptive model estimation to solve the speed accuracy tradeoff problem in psychophysical experiments // *Sci Rep.* 2021. Vol. 11. Art. 18264. DOI: 10.1038/s41598-021-97772-9
2. Berkay D., Eser H.Y., Sack A.T., Çakmak Y.Ö., Balci F. The modulatory role of pre-SMA in speed-accuracy tradeoff: A bi-directional TMS study // *Neuropsychologia.* 2018. Vol. 109. P. 255–261. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.12.031
3. Ducatez S., Audet J.N., Lefebvre L. Speed–accuracy trade-off, detour reaching and response to PHA in Carib grackles // *Anim Cogn.* 2019. Vol. 22. P. 625–633. DOI: 10.1007/s10071-019-01258-1
4. Ratcliff R., Kang I. Qualitative speed-accuracy tradeoff effects can be explained by a diffusion / fast-guess mixture model // *Sci Rep.* 2021. Vol. 11. Art. 15169. DOI: 10.1038/s41598-021-94451-7
5. Liesefeld H.R., Janczyk M. Combining speed and accuracy to control for speed-accuracy trade-offs(?) // *Behav Res.* 2019. Vol. 51. P. 40–60. DOI: 10.3758/s13428-018-1076-x
6. Reid Turner C., Fuggetta A., Lavazza L., Wolf A.L. A conceptual basis for feature engineering // *Journal of Systems and Software.* 1999. Vol. 49 (1). P. 3–15. DOI: 10.1016/s0164-1212(99)0006
7. Nguyen K.T.P. Feature Engineering and Health Indicator Construction for Fault Detection and Diagnostic // *Control Charts and Machine Learning for Anomaly Detection in Manufacturing* / K.P. Tran (ed.). Springer, Cham., 2022. (Springer Series in Reliability Engineering). DOI: 10.1007/978-3-030-83819-5_10
8. Garla V.N., Brandt C. Ontology-guided feature engineering for clinical text classification // *Journal of Biomedical Informatics.* 2012. Vol. 45 (5). P. 992–998. DOI: 10.1016/j.jbi.2012.04.010
9. Das S., Subba Rao S., Yang J. Spectral methods for small sample time series: A complete periodogram approach // *Journal of Time Series Analysis.* 2021. Vol. 42 (5-6). P. 597–621. DOI: 10.1111/jtsa.12584
10. Caiado J., Crato N., Poncela P. A fragmented-periodogram approach for clustering big data time series // *Adv Data Anal Classif.* 2020. Vol. 14. P. 117–146. DOI: 10.1007/s11634-019-00365-8
11. Fajardo F.A., Reisen V.A., Lévy-Leduc C., Taqqu M.S. M-periodogram for the analysis of long-range-dependent time series // *Statistics.* 2018. Vol. 52 (3). P. 665–683. DOI: 10.1080/02331888.2018.14277
12. Баланёв Д.Ю. Возможности визуализации результатов экспериментального исследования компромисса скорость–точность // *Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы* / под ред. В.А. Барабанщикова. М. : Ин-т психологии РАН, 2010. С. 80–86.
13. Баланев Д.Ю., Бредун Е.В. Компромисс скорость–точность как предмет психологического анализа // *Вестник Кемеровского государственного университета.* 2021. Т. 23, № 1. С. 123–132.

14. Fitts P.M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement // *Journal of Experimental Psychology*. 1954. Vol. 47 (6). P. 381–391. DOI: 10.1037/h0055392
15. Muntashir-Al-Arefin, Md. Ayub Al. sleekts: 4253H, Twice Smoothing. R package version 1.0.2. 2015. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=sleekts>
16. The R Project for Statistical Computing, 2021. URL: <https://www.R-project.org/>
17. Bischl B., Lang M., Bossek J., Horn D., Richter J., Surmann D. BBmisc: Miscellaneous Helper Functions for B. Bischl. R package version 1.11. 2017. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=BBmisc>
18. Borchers H.W. pracma: Practical Numerical Math Functions. R package version 2.3.3. 2021. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=pracma>
19. Wickham H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. New York : Springer-Verlag, 2016. 268 p.
20. Wilke C.O. cowplot: Streamlined Plot Theme and Plot Annotations for 'ggplot2'. R package version 1.1.1. 2020. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=cowplot>
21. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность / под ред. О.Г. Газенко; АН СССР. М. : Наука, 1990. 494 с.

Поступила в редакцию 20.08.2021 г.; принята 30.10.2021 г.

Баланев Дмитрий Юрьевич – кандидат психологических наук, заведующий лабораторией экспериментальной психологии, декан факультета психологии Томского государственного университета.

E-mail: balanevd@gmail.com

Куликов Иван Александрович – старший преподаватель кафедры общей и педагогической психологии Томского государственного университета.

E-mail: kulikov.ivan.tsu@gmail.com

For citation: Balanev, D.Yu., Kulikov, I.A. Attribute Construction of Individual Differences in the “Speed – Accuracy Compromise” Task Using the Periodograms. *Sibirskiy Psikhologicheskii Zhurnal – Siberian journal of psychology*. 2021; 82: 82–95. doi: 10.17223/17267080/82/5. In Russian. English Summary

Attribute Construction of Individual Differences in the “Speed – Accuracy Compromise” Task Using the Periodograms¹

D.Yu. Balanev^a, I A. Kulikov^a

^aTomsk State University, 36 Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russian Federation

Abstract

The research is devoted to finding the attributes that would allow detailing the factors breaking Fitts's law. Fitts's law ties together the distance to a target area with the accuracy and movement time. Frequency analysis of two time rows that depict, respectively, the accuracy and time needed to solve the task, is used.

To analyze the results we used the periodogram method. It allows us to evaluate how the period of time, given to a person under test, appears in his solutions of the task. The features of periodicity suppression are interpreted as specific characteristics of people under test.

¹ This research was supported by Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. 0721-2020-0040.

The research deals with the data received from 1023 test takers, each of those solved 120 tasks. It is not only the fact of interrupting the given periodicity revealed in the results, but also a set of typical cases of such interruption is demonstrated from the points of view of two traditionally used variables – accuracy and time – and a new, third, variable, that is the accurate and fast solution mindset. This mindset is given as a special kind of instruction during the test.

As a result, the authors revealed that Fitts's law manifestation on the level of periods that subordinate distance changes is distinctive for the majority of test takers. However, the character of periodicity changes easily. For example, it was found out that about a half of examinees demonstrate the periodicity consisting of 30 tasks, this periodicity appears stable both from the points of speed and accuracy, and on the level of dependent variables. At the same time, the periodicity of 10 tasks depends a lot on the speed. A small amount of results characterized by the local absence of periodicity was also found.

The authors remark successful application of the attribute construction method, it allows us to describe in detail the character of individual differences manifestation, being short and compact in giving new descriptive attributes at the same time. The ways of improving and perfecting the methods of interactive spatial choice task solving are planned in the long view.

Keywords: Fitts's law; task; time; accuracy; periodogram; frequency analysis; attribute construction; individual differences.

References

1. Baek, J. & Park, H.J. (2021) Bayesian adaptive model estimation to solve the speed accuracy tradeoff problem in psychophysical experiments. *Scientific Reports*. 11. Art. 18264. DOI: 10.1038/s41598-021-97772-9
2. Berkay, D., Eser, H.Y., Sack, A.T., Çakmak, Y.Ö. & Balcı, F. (2018) The modulatory role of pre-SMA in speed-accuracy tradeoff: A bi-directional TMS study. *Neuropsychologia*. 109. pp. 255–261. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2017.12.031
3. Ducatez, S., Audet, J.N. & Lefebvre, L. (2019) Speed–accuracy trade-off, detour reaching and response to PHA in Carib grackles. *Animal Cognition*. 22. pp. 625–633. DOI: 10.1007/s10071-019-01258-1
4. Ratcliff, R. & Kang, I. (2021) Qualitative speed-accuracy tradeoff effects can be explained by a diffusion / fast-guess mixture model. *Scientific Reports*. 11. Art. 15169. DOI: 10.1038/s41598-021-94451-7
5. Liesefeld, H.R. & Janczyk, M. (2019) Combining speed and accuracy to control for speed-accuracy trade-offs(?). *Behavioral Research*. 51. pp. 40–60. DOI: 10.3758/s13428-018-1076-x
6. Reid Turner, C., Fuggetta, A., Lavazza, L. & Wolf, A.L. (1999) A conceptual basis for feature engineering. *Journal of Systems and Software*. 49(1). pp. 3–15. DOI: 10.1016/s0164-1212(99)0006
7. Nguyen, K.T.P. (2022) Feature Engineering and Health Indicator Construction for Fault Detection and Diagnostic. In: Tran, K.P. (ed.) *Control Charts and Machine Learning for Anomaly Detection in Manufacturing*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-83819-5_10
8. Garla, V.N. & Brandt, C. (2012) Ontology-guided feature engineering for clinical text classification. *Journal of Biomedical Informatics*. 45(5). pp. 992–998. DOI: 10.1016/j.jbi.2012.04.010
9. Das, S., Subba Rao, S. & Yang, J. (2021) Spectral methods for small sample time series: A complete periodogram approach. *Journal of Time Series Analysis*. 42(5-6). pp. 597–621. DOI: 10.1111/jtsa.12584
10. Caiado, J., Crato, N. & Poncela, P. (2020) A fragmented-periodogram approach for clustering big data time series. *Advances in Data Analysis and Classification*. 14. pp. 117–146. DOI: 10.1007/s11634-019-00365-8

11. Fajardo, F.A., Reisen, V.A., Lévy-Leduc, C. & Taqqu, M.S. (2018) M-periodogram for the analysis of long-range-dependent time series. *Statistics*. 52(3). pp. 665–683. DOI: 10.1080/02331888.2018.14277
12. Balanev, D.Yu. (2010) Vozможности vizualizatsii rezul'tatov eksperimental'nogo issledovaniya kompromissa skorost'–tochnost' [Possibilities of visualizing the results of an experimental study of the speed-accuracy trade-off]. In: Barabanshchikov, V.A. (ed.) *Eksperimental'naya psikhologiya v Rossii: traditsii i perspektivy* [Experimental Psychology in Russia: Traditions and Prospects]. Moscow: Institute of Psychology RAS. pp. 80–86.
13. Balanev, D.Yu. & Bredun, E.V. (2021) The speed-accuracy tradeoff as a subject of psychological analysis. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of Kemerovo State University*. 23(1). pp. 123–132. (In Russian). DOI: 10.21603/2078-8975-2021-23-1-123-132
14. Fitts, P.M. (1954) The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*. 47(6). pp. 381–391. DOI: 10.1037/h0055392
15. Muntashir-Al-Arefin, Md. (2015) *Ayub Al. sleekts: 4253H, Twice Smoothing. R package version 1.0.2. 2015*. [Online] Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=sleekts>
16. www.R-project.org. (n.d.) *The R Project for Statistical Computing*. [Online] Available from: <https://www.R-project.org/>
17. Bischl, B., Lang, M., Bossek, J., Horn, D., Richter, J. & Surmann, D. (2017) *BBmisc: Miscellaneous Helper Functions for B. Bischl. R package version 1.11. 2017*. [Online] Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=BBmisc>
18. Borchers, H.W. (2021) *pracma: Practical Numerical Math Functions. R package version 2.3.3. 2021*. [Online] Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=pracma>
19. Wickham, H. (2016) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag.
20. Wilke, C.O. (2020) *cowplot: Streamlined Plot Theme and Plot Annotations for 'ggplot2'. R package version 1.1.1. 2020*. [Online] Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=cowplot>
21. Bernstein, N.A. (1990) *Fiziologiya dvizheniy i aktivnost'* [Physiology of Movements and Activity]. Moscow: Nauka.

Received 20.08.2021; Accepted 30.10.2021

Dmitry Yu. Balanev – Head of the Laboratory of Experimental Psychology, Dean of the Faculty of Psychology of Tomsk State University. Cand. Sc. (Psychol.).

E-mail: balanevd@gmail.com

Ivan A. Kulikov – Senior Lecturer at the Department of General and Pedagogical Psychology of Tomsk State University.

E-mail: kulikov.ivan.tsu@gmail.com