

Российский журнал Когнитивной науки

Том 1
№ 4

Декабрь 2014

WWW.COGJOURNAL.RU

ISSN 2313-4518



WWW.COGJOURNAL.ORG

Vol. 1
No. 4

December 2014

The Russian Journal of
COGNITIVE SCIENCE

The Russian Journal of Cognitive Science

<http://www.cogjournal.org/>

ISSN 2313-4518
Russian mass media certificate:
СМИ ЭЛ ФС 77 – 57220
Registered publisher: Ekaterina V. Pechenkova
Editorial office address: Yaroslavskaya ulitsa
13, office 229, 129366 Moscow, Russia
e-mail: info@cogjournal.org

Articles are distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Editor-in-Chief: Ekaterina V. Pechenkova

Editorial Board:

Tatiana V. Akhutina,
Mira B. Bergelson,
Olga V. Dragoy,
Varvara E. Dyakonova,
Maria V. Falikman,
Olga V. Fedorova,
Andrej A. Kibrik,
Andrei V. Kurgansky,
Dmitry V. Lyusin,
Regina I. Machinskaya,
Boris G. Meshcheryakov,
Vladimir F. Spiridonov,
Igor S. Utochkin,
Anna Yu. Shvarts,
Sergei L. Shishkin,
Nataliya A. Varako,
Roza M. Vlasova

English copy editor: Kelly Callahan
Russian proofreader: P. G. Lebedeva

Layout designer: S. M. Zlochevsky
Cover design: E. D. Akopian, A. A. Akopian

Российский журнал КОГНИТИВНОЙ НАУКИ

<http://www.cogjournal.ru/>

ISSN 2313-4518
Свидетельство о государственной
регистрации СМИ ЭЛ № ФС 77 – 57220
Учредитель: Е.В. Печенкова
Адрес редакции: 129366 Москва,
ул. Ярославская, д. 13, офис 229
e-mail: info@cogjournal.org

Статьи доступны по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](#), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этих статей на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Главный редактор Е. В. Печенкова

Редакционный совет:

Т. В. Ахутина,
М. Б. Бергельсон,
Н. А. Варако,
Р. М. Власова,
О. В. Драгой,
В. Е. Дьяконова,
А. А. Кибрик,
А. В. Курганский,
Д. В. Люсин,
Р. И. Мачинская,
Б. Г. Мещеряков,
В. Ф. Спиридонов,
И. С. Уточкин,
М. В. Фаликман,
О. В. Федорова,
А. Ю. Шварц,
С. Л. Шишкин

Литературный редактор английских
текстов: Келли Кэллахэн
Корректор русских текстов: П. Г. Лебедева

Компьютерная вёрстка: С. М. Злочевский
Дизайн обложки: Е. Д. Акопян, А. А. Акопян.

Contents

Ivan Ivanchei. Theories of Implicit Learning: Contradictory Approaches to the Same Phenomenon or Consistent Descriptions of Different Types of Learning?	4
Russian version of the paper.....	17
Maria Vasilyeva. Mental Lexicon: Where is Morphology Located? (in Russian)	31
Abstract in English	53
Ilya Talalay, Regina Machinskaya. The Comparative Study of Cued and Implicit Anticipatory Attention During the Performance of Visual and Auditory Versions of the Temporal Order Judgment Task	58
Abstract in Russian	65
Sergei Yu. Korovkin, Ilya Yu. Vladimirov, Anna D. Savinova. The Dynamics of Working Memory Load in Insight Problem Solving	67
Russian version of the paper.....	74
Olga A. Korolkova. Perceptual Space and Predictors of Emotional Facial Expression Discrimination (in Russian)	82
Abstract in English	95
Rosa M. Vlasova. 15th Science of Aphasia Conference (in Russian)	98
Abstract in English	101

Оглавление

Иван Иванчей. Теории имплицитного научения: противоречивые подходы к одному феномену или непротиворечивые описания разных? (на английском языке)4	
Текст статьи на русском языке	17
Мария Васильева. Ментальный лексикон: где же место морфологии? 31	
Аннотация на английском языке.....	53
Илья Талалай, Регина Мачинская. Сравнительное исследование направленного и имплицитного предвосхищающего внимания при решении зрительного и слухового вариантов задачи на определение порядка следования стимулов в паре (на английском языке)	58
Аннотация на русском языке	65
Сергей Юрьевич Коровкин, Илья Юрьевич Владимиров, Анна Джумберовна Савинова. Динамика загрузки рабочей памяти при решении инсайтных задач (на английском языке)	67
Текст статьи на русском языке	74
Ольга Александровна Королькова. Перцептивное пространство и предикторы различения эмоциональных экспрессий лица	82
Аннотация на английском языке.....	95
Роза М. Власова. XV Научная конференция по афазиологии	98
Аннотация на английском языке.....	101

Theories of Implicit Learning: Contradictory Approaches to the Same Phenomenon or Consistent Descriptions of Different Types of Learning?

Ivan Ivanchei

Department of Psychology, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Almost 50 years ago, Reber described implicit learning as the unintentional and unconscious processing of regularities in the environment. Since then, psychologists have actively investigated this phenomenon. However, there is currently no unambiguous description of the mechanisms of implicit learning. Moreover, the descriptions of implicit learning properties vary depending on the approach to the phenomenon. The main theoretical accounts developed in the last decades are presented in this work. Four types of theories are identified, which differ in how they answer two main questions: 1) How explicit is the knowledge acquired during implicit learning?; and 2) How automatically is it applied in behavior? The supporting empirical data are subsequently discussed. The suggestion is that different theories probably describe not a single phenomenon but several different types of learning. This may be one of the reasons why the advocates of completely opposite theories have successfully found independent empirical support. The approach of Dienes and Scott is provided with useful terms of structural knowledge and judgment knowledge, both of which can be either conscious or unconscious. The main theoretical approaches are thought to describe phenomena which can be referred to the resulting four situations. The identified types of implicit learning have different properties, and the paper will sketch some ways of searching for the possible mechanisms underlying these properties. This may help to put in order the different phenomena involved in implicit learning. In turn, this should help researchers to notice common results in different research areas, which is important with respect to a growing number of unconscious cognitive phenomena.

Correspondence: Ivan Ivanchei, iivanchei@spbu.ru, Department of Psychology, St. Petersburg State University, 7/9 Universitetskaya nab., 199034 St. Petersburg, Russian Federation

Keywords: implicit learning, consciousness, unconscious, learning, classification, awareness, automatism, behavioral priming, knowledge

Copyright © 2014. Ivan Ivanchei. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Acknowledgments. The study has been supported by the Russian Foundation for Humanities (Project number: 14–36–01271 a2).

Received 7 August 2014, accepted 20 November 2014.

Introduction

People learn a large variety of regularities in the environment during life. Many of these regularities are learned unintentionally, often without noticing that something has been learned. Motor reactions can be taken as examples: balancing, catching flying objects, etc. These actions are very complex from a computational point of view, but such «computations» are implemented outside of conscious awareness. Some higher-order skills which are learned

unintentionally are language acquisition (Cleeremans, Destrebecqz, & Boyer, 1998; Perruchet, 2008; Winter & Reber, 1994) and expert knowledge (Berry & Dienes, 1993; Singly & Anderson, 1989). Such unintentional learning of complex regularities is called implicit learning.

The phenomenon of implicit learning has been studied since the mid-1960s, but a number of questions remain unanswered. The issue of the awareness of the tacit knowledge and its application are among these questions. It was accepted in the classical theories of implicit learning

that the information about hidden regularities is acquired automatically, remains unconscious and manifests itself in behavior uncontrollably. However, more recent studies have shown that the knowledge acquired in standard experiments on implicit learning can actually become conscious: one of the classic books on the topic is even called *How implicit is implicit learning?* (Berry, 1997). It was also found that the manifestation of implicit knowledge in behavior can be mediated by other mental processes such as nonspecific subjective feelings.

Thus, since the 1970s, implicit learning theorists have discussed the nature of the phenomenon, taking virtually opposite positions. Decades of empirical studies have not led to a clear choice in favor of one of them. This fact suggests that radically different descriptions of implicit learning can refer to different phenomena, perhaps to different forms of learning. This paper will review the main theoretical positions, as well as supporting empirical data. The aim is to find out whether it is possible to carry the positions of the theorists not to one but to several types of learning, and thus treat them not as competing but as complementary descriptions.

In the description of the theoretical approaches to implicit learning, I will use some of the well-established terms in this field of study. Since the meaning of a term varies depending on the approach, some approximate definitions are provided which will be maintained throughout the paper. The *representation* of an object refers to someone's mental state, allowing for a response to the object accordingly (differently from the responses to other objects for which there are different representations). *Knowledge* refers to the set of representations related to a specific situation. Knowledge can represent objects of the outer and inner worlds of the person and also to the relationships between objects. *Learning* relates to the acquisition of new knowledge. In behavioral terms, learning means that an individual starts to react in a new fashion to some class of objects. Thus, learning always results in acquired knowledge and is tested through the measurement of knowledge. This paper will primarily discuss knowledge, and the ways in which different learning processes lead to different kinds of knowledge. *Awareness* refers to a characteristic of knowledge: its subjective presentation to a person. Such knowledge may be verbalized and transferred to another person. *Automaticity* refers to the expression of some knowledge in behavior, without a person's conscious decision-making. That is, before the behavioral act, there is no conscious knowledge in a person's mind which can be formulated verbally as: «I possess some knowledge and now I will use it in my behavior». In contrast to automatic behavior, *controlled* behavior follows conscious decisions in the application of some knowledge.

The current paper consists of three parts. The first section will be an overview of theoretical approaches to implicit learning. In the second section, empirical evidence in support of these positions will be provided. The third section will show how different approaches and disparate experimental results can be considered in a consistent taxonomy of learning processes.

1. Theories of Implicit Learning

Four theoretical approaches to implicit learning will be considered in the paper. They are subdivided depending on how they answer two questions: 1) How is knowledge acquired during learning: consciously or unconsciously?; and 2) How is it applied in behavior: automatically or voluntarily (controlled)? These two questions differentiate existing scientific camps. Thus, a total of four approaches will be overviewed:

- automatic application of unconscious knowledge (completely unconscious learning);
- controlled application of conscious knowledge (completely conscious learning);
- controlled application of unconscious knowledge; and
- automatic application of conscious knowledge.

Automatic Application of Unconscious Knowledge

Reber can be called a pioneer of implicit learning research, as he published the first papers on artificial grammar learning in the 1960s (Reber, 1967). Reber's classical experiment consisted of two phases: learning and testing. In the first phase, Reber presented participants with about twenty letter strings constructed on the basis of certain rules (see Fig. 1). These rules determined the possible letter orders in the string. Participants were instructed to memorize the presented strings. After memorization, participants were informed that the strings they had seen were constructed according to some set of rules (artificial grammar), and that they would then be presented with new strings, which they should decide were consistent with the rules («grammatical» strings) or not («nongrammatical» strings). Participants usually responded correctly in 60–70% of trials (chance level was 50%). At the same time, they appeared to be unable to verbalize the rules of the grammar. On the basis of his first results, Reber concluded that people unconsciously learned the abstract structure of the artificial grammar, which allowed them to classify new strings successfully. Thus, acquired unconscious knowledge drives behavior automatically.

Reber's research was followed by the development of new experimental paradigms, which provided data similar to Reber's. Among them, dynamic systems control

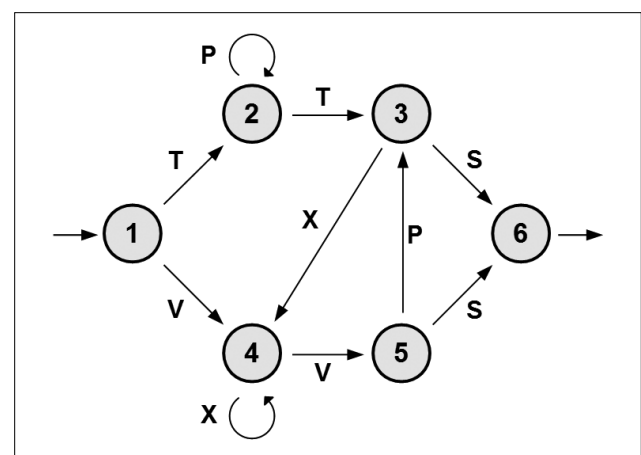


Figure 1. The example of artificial grammar. Strings are combined by the arrow transitions between the nodes, starting from the first node and finishing in the sixth node

(Berry & Broadbent, 1984), sequence learning (Nissen & Bullemer, 1987) and perceptual learning (Lewicki, Czyzewska, & Hoffman, 1987) stand out.

The pioneers of implicit learning research suggested that it is supported by a powerful cognitive system separated from consciousness. Reber wrote about a phylogenetically older cognitive structure which is more robust, resistant to injuries and exhibits less individual variation than conscious information processing (Reber, 1993). In agreement with Reber, Lewicki also stressed that the results of unconscious processing are fundamentally unavailable to consciousness (Lewicki, Hill, & Czyzewska, 1997). Thus, these researchers believed that implicit knowledge is acquired unintentionally, is unconscious and drives behavior automatically.

A similar position is taken by some modern theorists. For example, Cleeremans believes that implicit learning is unavailable to consciousness and manifests itself in behavior automatically (Cleeremans, 2011). Cleeremans suggests that implicit learning takes place only in the initial stages of learning and its role in cognitive activity is much more modest than in the theories of Reber and Lewicki.

The theory of Ashby and his collaborators suggests the presence of two independent competitive cognitive structures; the theory is referred to as COVIS: Competition Between Verbal and Implicit Systems (Ashby, Alfonso-Reese, Turken, & Waldron, 1998). An explicit system is controlled by the person and effectively performs tasks associated with simple logical rules whenever objects can be classified by one clear basis. Meanwhile, an implicit system operates automatically and performs integrative analysis of complex material with several interconnected bases for object classification.

Implicit learning can therefore play different roles in the described approaches. It is a work of the old and powerful cognitive system in Reber's and Lewicki's theories. In Ashby's approach, it is a process competing with consciousness. According to Cleeremans, implicit learning is an initial stage of the learning process. However, all these approaches describe implicit learning as being completely unconscious with its manifestation in behavior considered to be fully automatic. In contrast to such a radical position, in the 1980s and 1990s a group of theorists presented an opposite perspective, according to which implicit learning is not different from any other type of learning, being completely conscious and controlled.

Controlled Application of Conscious Knowledge

A full-scale experimental, methodological and theoretical attack on the classical approach to implicit learning was launched in the 1990s. Both the notion of abstractness and the unawareness of knowledge acquired in experiments were challenged (Shanks & St. John, 1994). A group of theorists emerged who believed that all knowledge acquired by a person is available to consciousness (Dulany, 1997; Perruchet & Vinter, 2002). According to these researchers, representations arise only in consciousness, although they are supported by neural mechanisms that are themselves unconscious. Within this mentalistic framework, operations with representations (association links, use of representations in purposeful reasoning, etc.) can only take place with the participation of consciousness. Some rough

adaptations to environmental regularities are possible in the nervous system, but they are not related to mind and, accordingly, to the problem of consciousness and learning (see also Dulany, Carlson & Dewey, 1984; Shanks, Wilkinson & Channon, 2003).

The theorists who hold such a position do not deny the experimental facts of the acquisition of tacit knowledge, which is difficult to verbalize, and offer their own explanation of how such knowledge manifests itself in behavior. Nonetheless, a common feature in the approaches of these researchers is the idea that knowledge is acquired consciously, it is used under the control of consciousness, and there are no other alternative ways of information processing, such as unconscious (implicit) learning.

Controlled Application of Unconscious Knowledge

Many investigators' points of view about implicit learning can be placed along the continuum that stretches from «completely unconscious» to «completely conscious». For example, some scholars paid attention to the fact that sometimes the application of implicit knowledge is mediated by conscious decisions. Mangan developed James' idea of overtones, suggesting that such consciously experienced but hard-to-verbalize representations make it possible to obtain a generalized evaluation of the presence of some implicit knowledge relevant to a performed activity (Mangan, 2003). Price and Norman argue that the use of implicit knowledge is mediated by subjective experience, on which decisions are based (Price & Norman, 2008). According to Dienes and his colleagues, implicit learning is accompanied by the arising feeling of familiarity, which one learns to recognize and rely on when making a decision (Dienes, 2012; Scott & Dienes, 2008). Thus, representatives of this position do not deny the main point of the classical approach — the unconsciousness of learning process. However, they believe that one is not completely ignorant and still knows that she has learned something and can try to purposefully apply the hard-to-verbalize knowledge. Within such frameworks, it is assumed that the functional role of the access to implicit knowledge (albeit indirect) consists of the ability to control it (Price & Norman, 2008; Mangan, 2003; Koriat, 2007).

Automatic Application of Conscious Knowledge

One more «intermediate» approach was developed by Whittlesea and colleagues (Whittlesea & Dorken, 1997). They proposed the consideration of an example of well-developed skill application in unexpected situations. Imagine a person who is engaged in fencing. She slowly, explicitly learns the basic movements until she starts to execute them quickly and accurately. When she subsequently goes to a dance school, it may happen that she learns tango movements much faster than other students. She may not notice it, but a detailed analysis of her movements will show that she applies the skills consciously developed in the fencing school. Whittlesea believed that implicit learning works in a similar way. That is, in the first stage of artificial grammar learning one acquires some knowledge of a grammatical structure performing strings memorization. In the second stage, she is asked to perform a classification task, which, in her opinion, is not related to previous one, but the accuracy of string classifica-

tion is at the above chance level. A similar position was held in the earlier works of Dienes, whereby implicit knowledge was described in the context of «higher-order thoughts» theory (Dienes & Perner, 2001). According to this approach, the representation A is conscious only when we have another representation B, whose content is the representation A. The perception of a red ball (representation A) is conscious only if we have the representation «I see a red ball» (representation B). According to that theory, implicit knowledge can be described as a representation which has no higher-order representation. It can be manifested in behavior, but we cannot report its content, as we simply do not know that it exists.

According to Bargh, behavioral priming (an effect of supraliminal, conscious stimuli on subsequent behavior of a person) works in the same way. In his opinion, it is a completely automatic process that does not involve any conscious decision making. Rather, the perception of meaning related to some social stereotype automatically launches a behavioral response (Bargh, 1994).

2. Empirical Data for Described Approaches

This section reviews the experimental evidence for each of the four listed approaches. An important moment in the history of implicit learning studies was the recognition of the fact that knowledge, acquired during the standard implicit learning procedure, is not one-dimensional and pure. People always demonstrate both implicit and explicit knowledge. Proponents of completely unconscious implicit learning, recognizing this fact, tried to prove that although people do have some amount of explicit knowledge, completely unconscious elements play a crucial role. Proponents of the notion of exclusively explicit learning tried to prove that tests for awareness detection are not sensitive enough. Some empirical results fit well with multiple theoretical approaches, so the data of several authors will be provided in different subsections.

Automatic Application of Unconscious Knowledge

Reber himself conducted a number of experiments that tested his initial hypotheses related to implicit learning. In his 1976 paper, it was shown that implicit knowledge manifests itself regardless of the individual's purposes (Reber, 1976). Furthermore, if people are informed in the beginning of the training phase that the stimuli follow certain rules, they not only fail to improve their accuracy but they perform the test classification significantly worse. Hayes and Broadbent (1988) found a similar effect in a dynamic system control task. Participants learned to predict the behavior of an interactive system with complex interaction of some variables. For example, they had to hold the amount of production of a simulated factory at a given level, which depends on the input data (the number of employed workers) in a complex way. When participants were asked to explain their decisions, their performance decreased. Similar effects were obtained in the domain of problem solving (Ponomarev, 1976) and in social perception studies (Belova, 2004). Belova called this phenomenon «the verbalization effect».

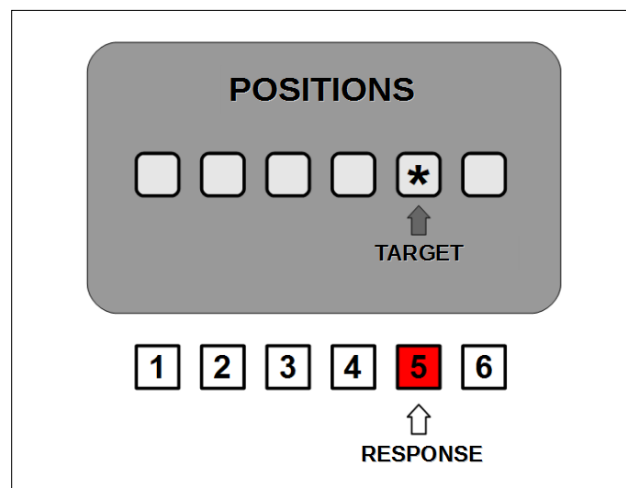


Figure 2. Serial reaction time task

Sequence learning (e.g., serial reaction time task) along with artificial grammar learning are among the standard laboratory methods for studying implicit learning. A typical experiment is as follows: there are several locations on a screen in which a target can appear (see Fig. 2). The task is to respond to its appearance as quickly as possible by pressing the key corresponding to the position in which the target appeared. Unbeknownst to participants, the sequence of target locations follows a certain regular pattern. Learning is manifested in the fact that participants respond faster and faster over time. If the regularity suddenly appears to be broken, a sharp slowdown in reaction times is observed. However, participants cannot report this regularity, and they often do not even notice its presence.

Destrebecqz and Cleeremans asked individuals who had participated in a serial reaction time task to generate the sequence of locations, first in a way which was consistent with the experimental regularity, and then in a way which violated it (Destrebecqz & Cleeremans, 2001). It was found that even under conditions when participants had to violate the sequence, they often unintentionally generated consistent sequences. That is, they were unable to control the expression of their implicit knowledge. Higham and colleagues presented participants at first with stimuli constructed on the basis of one grammar, and then with stimuli based on another grammar (Higham, Vokey, & Pritchard, 2000). In the test phase, participants had to mark the strings which were consistent with only one of these grammars (target grammar). They performed the task at above chance level, but in cases of mistakes they chose the strings of the non-target grammar significantly more often than completely nongrammatical strings. Thus, it was shown that people possess both controlled knowledge, which they can apply according to the experimenter's instructions, and uncontrolled knowledge (of the second grammar), which is manifested against their will.

A number of researchers proposed that the inability to discriminate between correct and incorrect responses can indicate unawareness of applied knowledge (Dienes & Perner, 2002). The ability to successfully monitor our own mental processes is usually called metacognitive sensitivity (Fleming & Lau, 2014), and this phenomenon has been important in the investigation of the nature of implicit learning. Chan asked participants to rate their confidence

in their answers in every trial of a test phase in the artificial grammar learning experiment (Chan, 1992). Classification accuracy and confidence ratings did not correlate: on average, the participants were equally confident in their correct as well as their incorrect answers. Thus, the conclusion was made that people do not know when they answer correctly and when they do not, and therefore they apply their knowledge unconsciously. Today it is called «zero-correlation criterion». A lack of metacognitive sensitivity in artificial grammar learning was obtained in a number of subsequent works (Dienes, Altmann, Kwan, & Goode, 1995; Dienes & Altmann, 1997; Zizak & Reber, 2004). Dienes and colleagues (Dienes et al., 1995) asked participants to rate their confidence in every trial and then analyzed only those trials in which confidence was at the zero level; in these trials, participants believed that their likelihood of guessing correctly was not better than the flip of a coin. It turned out that responses in these trials occurred correctly at above chance level, which indicates the influence of implicit knowledge about which participants are unaware. This is usually referred as «guessing criterion».

Participants with memory disorders classify strings with the same accuracy as intact participants, but they are unable to indicate the letter combinations from the learning phase in a special recognition test (Knowlton, Squire, Paulsen, Swerdlow, & Swenson, 1996). Intact participants performed this task successfully, showing the presence of explicit knowledge. A similar result was obtained in a sequence learning paradigm (Reber & Squire, 1998). Preserved implicit learning was repeatedly demonstrated in patients with Alzheimer's disease (Smith, Siegert, & McDowall, 2001; Peigneux, Meulemans, Van Der Linden, Salmon, & Petit, 1999; Reber & Squire, 1999).

The ability to acquire unconscious knowledge and to apply it in behavior is evident from a large amount of experimental data. Most often, it demonstrates independence of implicit learning from the conscious processing system or even contradictions between them. It was shown in the different tasks that intentional conscious search of implicit regularities can lead to decreased performance (Reber, 1976; Hayes & Broadbent, 1988; Ponomarev, 1976; Belova, 2004). People often cannot control the application of implicit knowledge: it is expressed even if it is prohibited by the task instruction (Destrebecqz & Cleeremans, 2001; Higham et al., 2000). Researchers explain this based on the assumption that there is no access to implicit knowledge, and therefore no control. People cannot distinguish between their correct and incorrect responses (Chan, 1992; Dienes & Altmann, 1997; Zizak & Reber, 2004; Dienes et al., 1995). It is also consistent with this interpretation: the lack of access to the implicit processing system makes it impossible to evaluate its performance. Finally, clinical data show that people with severe memory disorders are able to learn implicitly (Knowlton et al., 1996; Reber & Squire, 1998; Reber & Squire, 1999; Smith, Siegert, & McDowall, 2001; Peigneux, Meulemans, Van Der Linden, Salmon, & Petit, 1999). This suggests that implicit learning is not connected with conscious processing. In the next subsection, we will look at the opponents of the classical approach to implicit learning and the empirical data they provide.

Controlled Application of Conscious Knowledge

Dulany argued that people do not learn any complex abstract structures during learning: they form some explicit rules that partially match the rules of the artificial grammar. In Dulany and colleagues' experiments, participants pointed to the fragments of test stimuli that made them grammatical or nongrammatical (Dulany, Carlson, & Dewey, 1984). It was found that participants form their own rules on the presence or absence of some elements, they follow these rules, and it leads to above-chance performance. Perruchet and Pacteau, in a different experiment, showed that it is enough to simply memorize some letter combinations from the learning phase to classify test strings at above the chance level (Perruchet & Pacteau, 1990).

Shanks and his colleagues showed in a number of studies that confidence in answers does correlate with accuracy (for example, if a binary scale is used instead of a continuous one), claiming that it proves awareness during the learning process (Tunney & Shanks, 2003; Tunney, 2005).

The results of Destrebecqz and Cleeremans on the automaticity of implicit knowledge application (2001) were not replicated in other studies: participants were able not to follow the learned regularity when asked to do so (Norman, Price, & Duff, 2006; Wilkinson & Shanks, 2004).

A separate line of studies has been dedicated to demonstrating that dissociations between learning and other measures, presumably associated with consciousness (recognition, for instance), are not always manifested and can be explained by the work of a single cognitive system. For example, Shanks and his associates successfully modeled these dissociations in a sequence learning paradigm with a single-system computational model (Shanks, Wilkinson, & Channon, 2003).

The critics of completely unconscious and automatic learning often followed their opponents, suggesting alternative explanations, pointing to experimental designs flaws or demonstrating the non-replicability of results. It was shown that participants can explicitly learn not the entire grammar but its fragments (Dulany et al., 1984) or short letter combinations (Perruchet & Pacteau, 1990), which provides the level of accuracy observed in the experiments. In some conditions, the correlation between accuracy and confidence ratings still occurs (Tunney & Shanks, 2003; Tunney, 2005). The results demonstrating the inability to ignore existent implicit knowledge have not been replicated in later studies (Norman et al., 2006; Wilkinson & Shanks, 2004). The dissociations between learning and, for example, recall can be modeled by a single-system computational models (Shanks et al., 2003), which indicates the redundancy of describing the additional implicit block in the cognitive system. In the following subsection, the data supporting the intermediate approaches will be provided.

Controlled Application of Unconscious Knowledge

The representatives of the controlled application of unconscious knowledge framework have tried to prove that people are not aware of the content of their implicit knowledge, but they have indirect access to it. The aim of these research-

ers was to detect the conscious markers of such access and to show that they allow for controlling implicit knowledge and applying it in accordance with a person's conscious objectives. As mentioned above, a number of studies have shown that, during artificial grammar learning, participants often know when they are right or wrong (Tunney & Shanks, 2003; Tunney, 2005). Such a result was obtained and repeatedly replicated by the pioneers of the method (Dienes & Berry, 1997; Scott & Dienes, 2008).

The correlation between accuracy and confidence can indicate that relevant implicit knowledge is somehow reflected in a person's consciousness. There are a number of opinions on what kind of experience this refers to: fluency, a feeling of familiarity, pleasantness, etc. These are explored individually below.

The experience of processing fluency occurs when someone once again perceives certain stimuli, or when stimuli are perceived which are similar to those that were perceived earlier (Jacoby & Dallas, 1981). In implicit learning studies, Buchner (1994) showed that stimuli consistent with learned implicit regularity are read from the screen faster. Kinder and colleagues demonstrated that the faster a noisy stimulus is detected, the more likely it will be called grammatical (Kinder, Shanks, Cock, & Tunney, 2003).

The mere exposure effect refers to the fact that objects that were presented to a participant several times are evaluated as more pleasant than the objects that were presented for the first time (Bornstein, 1989). Gordon and Holyoak (1983) obtained the structural mere exposure effect: new stimuli with a structure similar to those presented earlier were liked more than new stimuli that were inconsistent with the original structure. This result was replicated in a number of subsequent works (Newell & Bright, 2001; Zizak & Reber, 2004).

In an experiment of Scott and Dienes (2008) participants in a test phase rated the familiarity of the stimuli (in relation to the learning phase), and classified them as grammatical or not. The correlation of familiarity ratings and grammaticality judgments was .68. Furthermore, it turned out that in the initial stages of the experiment, the feeling of familiarity correlated with classification decisions (the higher the feeling of familiarity, the more likely the string is classified as grammatical); however, at the level of verbal reports, participants were rarely aware of the fact that they rely on the feeling of familiarity. They realized it more and more as they passed more experimental trials.

In Norman and colleagues' experiment, participants performed a simple sequence learning task (Norman, Price, Duff, & Mentzoni, 2007). At the end of the experiment, participants were unable to verbally report the regularity that determined stimuli locations, but they could accurately predict the position of the next stimulus in a special test. The authors suggested that such behavior is possible due to the presence of access to existent implicit knowledge through conscious subjective experiences which participants were unable to verbalize; the authors call it «fringe feelings» after James and Mangan.

The controlled application of implicit knowledge was demonstrated in studies where participants learned several grammars and then had to purposefully use their knowledge of only one of them. In a two-grammar design (as mentioned

in the study of Higham), Dienes and colleagues showed that participants could intentionally choose strings which were consistent with only one of the learned grammars (Dienes et al., 1995).

In the same paper, Dienes and colleagues demonstrated that if participants do not know about the relationship between the learning and test phases, classification accuracy decreases to a chance level (Dienes et al., 1995, Experiment 5).

A number of studies (especially of the sequence learning paradigm) explored the role of attention in implicit learning. Researchers asked participants to perform some concurrent task that distracts attention from the main task. It could be random number generation, counting musical tones, reversed counting, etc. Some studies showed that attention is needed not for the acquisition of implicit knowledge, but for its application (Frensch, Lin, & Buchner, 1998; Jiang & Leung, 2005). That is, when attention is distracted in the test phase, the application of implicit knowledge is impaired. Distracting attention in the learning phase did not have the same effect.

In accordance with theorists arguing for completely conscious learning, proponents of the idea of controlled application of unconscious knowledge point to the fact that in most cases there is still a correlation between classification accuracy and confidence ratings in artificial grammar learning (Dienes & Berry, 1997; Scott & Dienes, 2008). However, the views on the basis of this correlation differ between the two approaches. Proponents of completely conscious learning say that this basis is the conscious knowledge of a learned regularity. Proponents of controlled application of unconscious knowledge say that these are some indirect signals from unconscious knowledge. These signals can have various forms. It was shown that participants can rely on the experienced fluency (Buchner, 1994; Kinder et al., 2003), on the pleasantness of stimuli (Gordon & Holyoak, 1983; Newell & Bright, 2001; Zizak & Reber, 2004), and on the feeling of familiarity (Scott & Dienes, 2008). At the same time, reliance on such fringe feelings can grow within the course of the experiment (Scott & Dienes, 2008). It was demonstrated that the ability to make predictions on the basis of learned regularity is not related to the awareness of it (Norman et al., 2007).

Another similarity of the representatives of these two approaches is that they emphasize the ability to arbitrarily control the application of the learned regularities (Dienes et al., 1995); however, Dienes and colleagues emphasize the unconsciousness of the grammar knowledge. The reliance on attentional resources for successful test performance is also consistent with the idea of controlled application of implicit knowledge (Frensch et al., 1998; Jiang & Leung, 2005). Also, the absence of any effects of attentional deficits in the learning phase indicates an unconscious learning process (but the issue is still disputable; see Jimenez & Vazquez, 2005).

The verbalization effect described in the previous section is consistent with the idea of two processing systems: implicit and explicit. It is likely that it can be associated with approaches which assume that people rely on fringe feelings; the need to verbalize their decision may interfere with other bases for decision-making. However, the proponents of these approaches have not addressed this issue.

Automatic Application of Conscious Knowledge

Ponomarev described an effect very similar to implicit learning (Ponomarev, 1960, 1976). He studied how the introduction of a hint during the different stages of a creative task solution affects participants' behavior. In one of his experiments, participants were given the «polytypic panel» task. They had to put a set of bars on the panel according to certain rules. Participants easily solved this task and then they were given another task — a maze. The optimal path in the maze repeated the shape of the final locations of the bars in the «polytypic panel» task. Ponomarev found that in normal conditions, participants made on average 70–80 false turns passing the maze, but after solving the «polytypic panel» they made less than 10 errors. At the same time, the verbalization effect came to play: if subjects were required to explain their decisions in a maze, the number of errors increased dramatically (Ponomarev, 1976). The locations of bars in the first task were completely explicit for participants, but they did not realize that this experience affected performance in the next task.

Suprathreshold priming data can also give support to this approach. In social psychology, several studies were conducted in which consciously-perceived stimuli affected people's behavior without their intention. For example, if participants were presented with some form of words semantically related to old age, they started to walk slower (Bargh, Chen, & Burrows, 1996). Words associated with the concept of «library» made people behave more quietly (Aarts & Dijksterhuis, 2003), and primes associated with «hostility» made people more aggressive (Carver, Ganellen, Froming & Chambers, 1983). Bargh argues that such behavior is not mediated by any deliberate decision making, since in most cases measurable behavior is observed when people think the experiment is over. Such behavior can be controlled only if a person knows about the experimental influences, and attentional resources are needed to overcome the learned stereotype. Attempts to overcome the learned response in attentional load can lead to more frequent execution of this response than with the instruction not to execute it (Wegner, 1994).

Thus, it was shown that although the knowledge that determines behavior in a given situation can be conscious, the very fact of its influence may not be realized by the person and may be unrelated to his or her intentions. Most of the effects of behavioral priming were obtained in the situation where participants did not know that they took part in the experiment or did not know what behavior was measured (Bargh et al., 1996; Aarts & Dijksterhuis, 2003; Carver et al., 1983). The intervention of consciousness in this process can decrease performance (Ponomarev, 1976). Such learning is hardly controlled, especially in a condition of attentional load (Wegner, 1994).

Summary of Empirical Results

The existent data does not allow us to make a final conclusion in favor of one of the alternative approaches. However, we cannot say that the efforts of researchers have been fruitless. At the moment, most authors agree that human knowledge and learning has many manifestations, and some of the factors that determine the occurrence of various processes of learning are known. Reber and other early inves-

tigators of implicit learning showed that individuals cannot report the rules of an artificial grammar (Reber, 1967, 1989). Dulany and colleagues demonstrated that tests not requiring verbalization indicate conscious knowledge of some fragments of the grammar (Dulany et al., 1984). Perruchet and Pacteau showed that the forms of acquired implicit knowledge can be fundamentally different: the classification of whole strings in the test phase of an experiment can be accounted for by conscious learning of stimuli fragments in the learning phase (Perruchet & Pacteau, 1990). However, this effect is not always manifested and it has been suggested that this result is due to the specific selection of stimulus material (Gomez & Schvaneveldt, 1994). It also does not explain the ability of participants to classify strings correctly in the transfer experiment (Dienes & Altmann, 1997). Transfer experiments involve a standard learning procedure, with letter strings that follow a set of grammatical rules. However, during the test phase, stimuli are composed from a new set of letters which follow the same grammar rules.

The purposeful application of implicit knowledge still remains a topic of discussion. In almost identical experiments, Higham (Higham et al., 2000) and Dienes (Dienes et al., 1995) obtained different results. In Higham's experiment, participants chose strings of a «forbidden» grammar more often than completely nongrammatical strings (which indicates the automatic application of implicit knowledge), but this effect was not found in Dienes and colleagues' experiment. However, there were some differences in the procedures and stimuli between these two experiments (see discussion in Higham's paper).

Participants classification accuracy correlates with response confidence, indicating the conscious application of implicit knowledge (Dienes et al., 1995; Tunney & Shanks, 2003; Scott & Dienes, 2008), although it does not always appear (Chan, 1992). In transfer experiments, for example, such correlation usually disappears (Dienes & Altmann, 1997).

Confidence ratings are presumably related to other subjective experiences which arise in learning situations: three examples are an experience of fluency (Buchner, 1994; Kinder et al., 2003), pleasantness (Gordon & Holyoak, 1983; Zizak & Reber, 2004), or familiarity of the stimuli (Scott & Dienes, 2008). These phenomena appear to be equally sensitive to the same experimental conditions. For example, if some stimuli unfamiliar to participants were used, neither a structural mere exposure effect nor a confidence-accuracy correlation were observed (Zizak & Reber, 2004). Neither effects were obtained in transfer experiments (Newell & Bright, 2001). Scott and Dienes found a correlation between familiarity of stimuli and confidence in classification of them (Scott & Dienes, 2008). This suggests that a feeling of familiarity, a structural mere exposure effect and metacognitive sensitivity may have a common source.

Some experiments are not replicable. For example, the data on the expression of implicit knowledge contrary to the task instruction (Destrebecqz & Cleeremans, 2001) was not replicated in several studies (Norman et al., 2006; Wilkinson & Shanks, 2004). Bargh's experiment is also criticized for poor replicability (see for example Doyen, Klein, Pichon, & Cleeremans, 2012) as well as other experiments on behavior priming (see Newell & Shanks, 2014 for a review).

A large amount of data has been accumulated that require some generalization. As the four described approaches to implicit learning are supported by a solid amount of empirical data, a new framework had to be elaborated which describes learning mechanisms and the conditions in which they can result in the behaviors that are captured in experiments. Dienes and colleagues laid a foundation for such a framework, which will be discussed in the following section.

3. Integrative Approach by Dienes and Scott

Dienes and Perner (2002), and then Dienes and Scott (2005) divided knowledge into two types according to its content. After interaction with an environment, people can learn some things about the relationships between objects in that environment: a) the structure of relations between objects; and b) whether a new situation is consistent with this structure. The first type of knowledge can be verbalized and allows an individual to share acquired experience with another person. The second type of knowledge allows a person to evaluate a new situation correctly. Possessing the second type of knowledge, one can say WHAT is the case (to classify correctly the situation according to whether objects in this situation correspond to the learned structure). Possessing the first type of knowledge, one can explain WHY she classified the situation one way or another. Dienes and Scott call the first type of knowledge (the knowledge of the structure of learned material) structural knowledge, and the second type (the knowledge of whether a new situation is consistent with this structure) judgment knowledge.

It seems obvious that judgment knowledge cannot exist without structural knowledge: if one does not know the basis of classification, how can she classify it accurately? However, there is one more factor which renders the relationship between the two types of knowledge to be not so trivial: awareness of knowledge. Someone possesses conscious judgment knowledge when she claims that she certainly knows to which class the given situation belongs, and in fact her judgment is correct (e.g., a person is sure that the presented string is grammatical and that is the case). Conscious structural knowledge takes place when one can describe the structure of objects which has been learned (e.g., to report the rules of the grammar). Thus there are two variables in the proposed scheme which can characterize human knowledge: structural/judgment and conscious/unconscious. Four types of knowledge logically follow from these two variables:

- unconscious structural and unconscious judgment knowledge;
- unconscious structural and conscious judgment knowledge;
- conscious structural and unconscious judgment knowledge; and
- conscious structural and conscious judgment knowledge.

It should be noted that Dienes did not consider all four logically possible situations. The third case, conscious structural and unconscious judgment knowledge, was not discussed in his papers. The following review of the studies of Dienes and his associates will include a suggestion as to why one of the possible situations is ignored by them.

In their experiments on artificial grammar learning, Dienes and Scott (2005) applied the decision strategy attribution test that they had developed. In every trial, a participant had to declare on what basis she made her decision about string classification:

- A) Guessing (the same as flipping a coin);
- B) Intuition (not guessing; believing that an answer is correct without being able to explain why);
- C) Conscious knowledge of the grammar (can explain, if needed);
- D) Recollection of learning strings or their fragments.

Then authors analyzed classification accuracy on each of these attributions. For example, answers attributed to intuition were analyzed together. In every attribution, participants could classify strings at the level of chance or better. If a participant performed above the chance level, reporting that she was guessing (attribution A), Dienes and Scott conclude that there is structural and judgment knowledge, but both remain unconscious, as subjectively the participant does not use her knowledge, considering that the relevant knowledge is missing. If a participant performs at above the chance level when relying on intuition (attribution B), the conclusion is that there are conscious judgment knowledge (the person is aware that she answers accurately) and unconscious structural knowledge (as she cannot explain why exactly she classifies strings one way or another). If a participant performs at an above-chance level when relying on conscious knowledge of the rules or recollection (attributions C and D), the conclusion is that there are conscious judgment and structural knowledge. In their experiments, Dienes and Scott obtained above-chance accuracy for all of the attributions, demonstrating the presence of several knowledge types in artificial grammar learning.

The researchers also showed that selected types of knowledge have different properties, suggesting a qualitative difference between them. This in turn confirms the theoretical views of the authors of this taxonomy, as shown in the results below.

Attributions A and B reflect the application of unconscious structural knowledge, while attributions C and D demonstrate the application of conscious structural knowledge. Certain differences were detected in experiments between trials with conscious and unconscious structural knowledge.

1. When participants apply conscious structural knowledge (when attributions C and D were given), accuracy is higher than when unconscious structural knowledge (attributions A and B) is applied (Dienes & Scott, 2005, Experiment 1).

2. In the application of conscious structural knowledge (attributions C and D) participants more often repeatedly misclassify stimuli (Dienes & Scott, 2005, Experiment 1).

Such a consistency of erroneous responses is often considered as a sign of conscious processing (Reber, 1989; see also Allakhverdov, 2009 and Andriyanova, 2014).

3. An additional task distracting attention reduces the amount of conscious structural knowledge, measured by the proportion of trials with attributions C and D, while the instruction to search for the rules of the grammar increases it (Dienes & Scott, 2005, Experiment 2). In addition, the rule-search instruction and attentional load together (i.e., their interaction) only reduces the accuracy of conscious structural knowledge application (Dienes & Scott, 2005, Experiment 2).

4. Response times using unconscious structural knowledge are longer than those of conscious structural knowledge (Mealor & Dienes, 2012). This difference is negatively correlated with confidence (the smaller the confidence in the answer, the longer it takes), but if confidence is controlled, the effect still remains.

5. When assessing the contribution of different factors in the way the participant classifies the string, it appears that the objective similarity between test strings and learning strings almost completely determines the participant's responses. But in trials in which participants used a conscious structural knowledge, the additional contribution of grammaticality itself is manifested, which cannot be reduced to any objective similarity of strings (Scott & Dienes, 2008).

Thus, Dienes, Scott and their associates tried to demonstrate that their classification reflects real distinctions between types of knowledge that people acquire and use. Dienes argues that the proposed decision strategy attribution test allows researchers to find the real difference in knowledge applied by people (Dienes, 2012). At the same time, according to Dienes, this awareness measure is useful for psychologists as it assesses the awareness of structural knowledge, while other subjective measures of awareness (for example, confidence ratings) measure awareness of judgment knowledge. That is, they give a positive result in a situation where a person knows how to classify stimuli correctly, but does not know why, and therefore does not have a conscious structural knowledge. Dienes expressed the same criticism in relation to tests in which the ability to control the knowledge manifestation is interpreted as an awareness measure (Destrebecqz & Cleeremans, 2001). According to Dienes, it is also possible with conscious judgment knowledge alone.

The main aim of this paper is to demonstrate that Dienes' classification can include previously described approaches to implicit learning. Dienes himself believes that only situations of unconscious structural knowledge should be investigated in relation to implicit learning research. The current paper suggests that Dienes' framework has more potential applications. We can account for some rare but important cases of conscious structural and unconscious judgment knowledge, and unite the fields of cognitive and social psychology using common terms and descriptions. The framework even opens the opportunity for dialog between implicit learning researchers and those who think that there are no «implicit» learning processes. Two properties of knowledge in Dienes' framework and two criteria on which the approaches were identified at the beginning of this paper (acquired

knowledge: conscious/unconscious; and application of knowledge: controlled/automatic), may refer to the same phenomena in reality (see Table 1). That is, researchers with different approaches to implicit learning might study different manifestations of it. As noted above, the third type of knowledge was not discussed by Dienes and colleagues. The reason for this, apparently, is that the proposed measurement procedure (decision strategy attribution test) cannot identify such a situation: one cannot report that she does not know which answer is correct if she relies on conscious structural knowledge.

	Unconscious judgment	Conscious judgment
Unconscious structural knowledge	1. Completely unconscious learning	2. Controlled application of unconscious knowledge
Conscious structural knowledge	3. Automatic application of conscious knowledge	4. Completely conscious learning

Table 1. Description of four approaches to implicit learning in terms of structural and judgment knowledge.

The properties of the four selected types of knowledge are listed below. For convenience, I will use the terms of Dienes and Scott (2005). The properties are shown in Table 2, and some disputable details are hereby discussed.

1. *Unconscious structural and judgment knowledge (completely unconscious learning)*. Such learning occurs when someone does not know that something has been learned or existent knowledge cannot be applied due to attentional load or distraction. As a result, there is complete unawareness of the learned regularity and corresponding knowledge. There is no metacognitive sensitivity, but we have above-chance performance when we think that we merely guess. No attentional resources are needed since there is no deliberate decision-making. This also causes an inability to apply knowledge purposefully.

2. *Unconscious structural and conscious judgment knowledge (controlled application of unconscious knowledge)*. Such learning occurs when one knows that she has learned something and possesses attentional resources for the situation evaluation. Two unique properties of this type of knowledge, caused by the absence of conscious structural knowledge, are that 1) conscious judgment knowledge can be attributed to some emotional feelings (structural mere exposure effect: Newel & Bright, 2001; Zizak & Reber, 2004), and 2) response accuracy is increased if participants are forced to rely on their subjective feelings, to «trust their intuition» (Kinder et al., 2003). We certainly do not know which types of knowledge are affected by the verbalization effect. However, we can expect that it can be observed in the situation of unconscious structural and conscious judgment knowledge, as the need to verbalize one's own decisions can interfere with the reliance on experienced judgment knowledge.

3. *Conscious structural and unconscious judgment knowledge (automatic application of conscious knowledge)*. Such a situation is possible when someone applies conscious

knowledge, but does not know that it is relevant to the actual task and that she did, in fact, apply it. The properties of this type of knowledge are very similar to the properties of completely unconscious knowledge, but the structure of applied knowledge was perceived at the conscious level: if presented to the participant, she recognizes it. The verbalization effect in this case should be explained by other causes than in the previous section. In this type of knowledge, any kind of drawing attention to the performed activities has negative consequences (Wegner, 1994). We cannot tell anything about metacognitive sensitivity in this case (Item 4 in Table 2), as the relevant studies have not been conducted. Assuming that metacognitive sensitivity is based on conscious judgment knowledge, one can hypothesize its absence.

4. *Conscious structural and judgment knowledge (completely conscious learning)*. This happens when one is informed about true patterns in the environment, or she finds them by herself, and the new task is perceived as relevant to this knowledge. This type of knowledge has quite expected properties. In the implicit learning research domain, this type of knowledge can be observed in artificial grammar learning experiments, when participants are aware of some important elements of the grammar rules (Dulany et al., 1984). It often happens with biconditional grammars (a small set of rules of «if, then» type: Shanks, Johnstone, & Staggs, 1997). The cases with clear classification criteria are also related to these combination of knowledge components (Waldron & Ashby, 2001).

Property	Type of knowledge			
	Unconscious structural and judgment knowledge (completely unconscious learning)	Unconscious structural and conscious judgment knowledge (controlled application of unconscious knowledge)	Conscious structural and unconscious judgment knowledge (automatic application of conscious knowledge)	Conscious structural and judgment knowledge (completely conscious learning)
1. Conscious perception of the regularity and possibility to recognize it when it is explicitly presented	-	-	+	+
	Hayes & Broadbent, 1988; Nissen & Bullemer, 1987; clinical data on dissociations of implicit and explicit learning	Reber, 1976; the most of the artificial grammar learning studies	Behavioral priming; Ponomarev, 1960, 1976	Dulany et al., 1984; Perruchet & Pacteau, 1990; Shanks et al., 1997; Waldron & Ashby, 2001
2. Awareness of the presence of task-relevant knowledge	-	+	-	+
	Nissen & Bullemer, 1987; Lewicki et al., 1987	Dienes et al., 1995; Scott & Dienes, 2008	Bargh et al. 1996; Ponomarev, 1976	Johnstone et al., 1997; Dulany et al., 1984; Perruchet & Pacteau, 1990
3. Ability to report the task-relevant knowledge	-	-	-	+
	Nissen & Bullemer, 1987; Lewicki et al., 1987	Reber, 1976; the most of the artificial grammar learning studies	Ponomarev, 1976	Johnstone et al., 1997; Dulany et al., 1984; Perruchet & Pacteau, 1990
4. Correlation between accuracy and confidence	-	+	No data	+
	Dienes et al., 1995; Dienes, Altmann, 1997	Tunney & Shanks, 2003; Tunney, 2005		Dienes & Scott, 2005
5. Above-chance accuracy of guesses in responses	+	-	+	-
	Dienes et al., 1995; Dienes & Scott, 2005, Scott & Dienes, 2010	Dienes & Scott, 2005	Ponomarev, 1960, 1976	Dienes & Scott, 2005
6. Attentional resources required	-	+	-	+
	Waldron & Ashby, 2001; Jiang & Leung, 2005; Dienes & Scott, 2005	Frensch et al., 1998; Dienes & Scott, 2005; Mealar & Dienes, 2012	Wegner, 1994	Waldron & Ashby, 2001; Dienes & Scott, 2005
7. Affected by verbalization effect	No data	No data	+	-
			Ponomarev, 1976; Belova, 2004	Hayes & Broadbent, 1988
8. Can be flexibly applied according to a given purpose	-	+	-	+
	Higham et al., 2000; Destrebecqz & Cleeremans, 2001	Dienes et al., 1995; Kinder et al., 2003; Norman et al., 2007	Ponomarev, 1976; Wegner, 1984	Dienes et al., 1995; Higham et al., 2000; Destrebecqz & Cleeremans, 2001

Table 2. Properties of four selected types of knowledge.

Conclusions

Theoretical disputes have continued since the discovery of the implicit learning phenomenon. Empirical evidence in support of diametrically opposed theories is constantly emerging. In this situation, the main goal of researchers should be the rethinking of their positions, and the analysis of the reasons why the development of the scientific field extends in different directions. The current paper aimed to serve this purpose. Dienes and Scott's framework is suggested to be used as a reference point for implicit learning researchers, because it provides useful terms and taxonomy. This framework can be logically extended to include cases not considered by aforementioned authors, such as the incidental application of explicit knowledge. Popular approaches to implicit learning and supporting empirical data can be related to different classes in this extended taxonomy. These different types of learning have different properties, some of which I have provided above, summarizing the accessible empirical data. It is worthwhile to continue the list later on.

The ultimate purpose of the work in this direction should be the description of the exact mechanisms underlying the proposed taxonomy. From my point of view, the mechanisms of the emergence of judgment knowledge can be proposed by considering cognition as the work of two independent processing systems; for example, implicit/explicit, logical/intuitive, and so on (Ashby et al., 1998; Dienes, 2012; Allakhverdov & Gershkovich, 2010). The consistency between their outcomes evokes the feelings discussed above (fluency, pleasantness, familiarity, etc.) (Allakhverdov, 2009; Chetverikov, 2014). This signal can be the basis for judgment knowledge. The investigation of such mechanisms should be the target of further studies. In this paper, I have limited the discussion to the observed phenomena and the proposed classification, which, hopefully, will help researchers to more accurately categorize the learning processes found in their studies, and consequently, to better understand each other.

References

- Aarts, H., & Dijksterhuis, A. (2003). The silence of the library: environment, situational norm, and social behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84 (1), 18–28. doi: 10.1037/0022-3514.84.1.18
- Allakhverdov, V. (2009). The role of consciousness in human cognitive activity. In V. P. Z. & V. Petrenko (Eds.), *Psychology in Russia: State of the art. Scientific yearbook* (pp. 124–140). Moscow: Russian Psychological Society.
- Allakhverdov, V.M., & Gershkovich, V.A. (2010). Does Consciousness Exist? — In What Sense? *Integrative Psychological and Behavioral Science*, 44 (4), 340–347. doi: 10.1007/s12124-010-9133-8
- Andriyanova, N.V. (2014). [Regular errors in the learning process: features and possibility to predict]. *Vestnik of Saint-Petersburg University. Series 16: Psychology. Education.*, (Russian).
- Ashby, F.G., Alfonso-Reese, L.A., Turken, A.U., & Waldron, E.M. (1998). A neuropsychological theory of multiple systems in category learning. *Psychological Review*, 105 (3), 442–481. doi: 10.1037/0033-295X.105.3.442
- Bargh, J. (1994). The four horsemen of automaticity: Intention, awareness, efficiency, and control as separate issues. In R. S. Wyer Jr., & T. K. Srull (Eds.), *Handbook of social cognition*. Vol. 1: *Basic processes* (pp. 1–40). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bargh, J.A., Chen, M., & Burrows, L. (1996). Automaticity of social behavior: Direct effects of trait construct and stereotype activation on action. *Journal of Personality and Social Psychology*, 71 (2), 230–244. doi: 10.1037/0022-3514.71.2.230
- Belova, S.S. (2004). [Subjective evaluation of the Other's intelligence: verbalization effect]. In D. V. Lyusin, & D. V. Ushakov (Eds.), *Social intelligence: theory, assessment, investigation* (pp. 39–62). Moscow: IP RAS. (Russian).
- Berry, D.C. (Ed.). (1997). *How implicit is implicit learning? Debates in psychology*. New York: Oxford University Press. 2 doi: 10.1093/acprof:oso/9780198523512.001.0001
- Berry, D., & Dienes, Z. (1993). *Implicit learning: Theoretical and empirical issues*. Hove, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates. 2
- Berry, D.C., & Broadbent, D.E. (1984). On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36 (2), 209–231. doi: 10.1080/14640748408402156
- Bornstein, R.F. (1989). Exposure and affect: Overview and meta-analysis of research, 1968–1987. *Psychological Bulletin*, 106 (2), 265–289. doi: 10.1037/0033-2909.106.2.265
- Brooks, L.R. (1978). Nonanalytic concept formation and memory for instances. In *Cognition and concepts* (pp. 169–211). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Buchner, A. (1994). Indirect effects of synthetic grammar learning in an identification task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20 (3), 550–566. doi: 10.1037/0278-7393.20.3.550
- Carver, C.S., Ganellen, R.J., Froming, W.J., & Chambers, W. (1983). Modeling: An analysis in terms of category accessibility. *Journal of Experimental Social Psychology*, 19 (5), 403–421. doi: 10.1016/0022-1031(83)90019-7
- Chan, C. (1991). *Implicit cognitive processes: theoretical issues and applications in computer systems design*. Unpublished doctoral dissertation, University of Oxford.
- Chetverikov, A. (2014). Warmth of familiarity and chill of error: Affective consequences of recognition decisions. *Cognition & Emotion*, 28 (3), 385–415. doi: 10.1080/0269931.2013.833085
- Cleeremans, A. (2011). The radical plasticity thesis: how the brain learns to be conscious. *Frontiers in Psychology*, 2 (86), 1–12. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00086
- Cleeremans, A., Destrebecqz, A., & Boyer, M. (1998). Implicit learning: News from the front. *Trends in Cognitive Sciences*, 2 (10), 406–416. doi: 10.1016/S1364-6613(98)01232-7
- Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2001). Can sequence learning be implicit? New evidence with the process dissociation procedure. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8 (2), 343–350. doi: 10.3758/BF03196171
- Dienes, Z. (2012). Conscious versus unconscious learning of structure. In P. Rebuschat, & J. Williams (Eds.), *Statistical learning and language acquisition*: Vol. 1 (pp. 337–364). Boston/Berlin: Mouton de Gruyter Publishers.
- Dienes, Z., & Altmann, G. (1997). Transfer of implicit knowledge across domains: How implicit and how abstract. In D. Berry (Ed.), *How implicit is implicit learning? Debates in psychology*: Vol. 5 (pp. 107–123). Oxford: Oxford University Press. doi: 10.1093/acprof:oso/9780198523512.003.0005
- Dienes, Z., Altmann, G., Kwan, L., & Goode, A. (1995). Unconscious knowledge of artificial grammars is applied strategically. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21 (5), 1322–1338. doi: 10.1037/0278-7393.21.5.1322
- Dienes, Z., & Berry, D. (1997). Implicit learning: Below the subjective threshold. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4 (1), 3–23. doi: 10.3758/BF03210769

- Dienes, Z., & Perner, J. (2002). A theory of the implicit nature of implicit learning. In A. Cleeremans, & R. French (Eds.), *Implicit learning and consciousness: An empirical, philosophical, and computational consensus in the making* (pp. 68–92). Psychology Press.
- Dienes, Z., & Perner, J. (2001). When knowledge is unconscious because of conscious knowledge and vice versa. In *Proceedings of the twenty-third annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1–4).
- Dienes, Z., & Scott, R. (2005). Measuring unconscious knowledge: Distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research*, 69 (5–6), 338–351. doi: 10.1007/s00426-004-0208-3
- Doyen, S., Klein, O., Pichon, C.-L., & Cleeremans, A. (2012). Behavioral priming: it's all in the mind, but whose mind?. *PLoS one*, 7 (1), e29081. doi: 10.1371/journal.pone.0029081
- Dulany, D.E. (1997). Consciousness in the explicit (deliberative) and implicit (evocative). In J. D. Cohen, & J. W. Schooler (Eds.), *Scientific approaches to the study of consciousness* (pp. 179–212). New Jersey: Erlbaum.
- Dulany, D.E., Carlson, R. A., & Dewey, G. I. (1984). A case of syntactical learning and judgment: How conscious and how abstract?. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113 (4), 541–555. doi: 10.1037/0096-3445.113.4.541
- Fleming, S.M., & Lau, H.C. (2014). How to measure metacognition. *Name: Frontiers in Human Neuroscience*, 8 (443). doi: 10.3389/fnhum.2014.00443
- Frensch, P.A., Lin, J., & Buchner, A. (1998). Learning versus behavioral expression of the learned: The effects of a secondary tone-counting task on implicit learning in the serial reaction task. *Psychological Research*, 61 (2), 83–98. doi: 10.1007/s004260050015
- Gomez, R.L., & Schvaneveldt, R.W. (1994). What is learned from artificial grammars? Transfer tests of simple association. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20 (2), 396–410. doi: 10.1037//0278-7393.20.2.396
- Gordon, P.C., & Holyoak, K.J. (1983). Implicit learning and generalization of the «mere exposure» effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 45 (3), 492–500. doi: 10.1037/0022-3514.45.3.492
- Hayes, N.A., & Broadbent, D.E. (1988). Two modes of learning for interactive tasks. *Cognition*, 28 (3), 249–276. doi: 10.1016/0010-0277(88)90015-7
- Higham, P.A., Vokey, J.R., & Pritchard, J.L. (2000). Beyond dissociation logic: Evidence for controlled and automatic influences in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129 (4), 457–470. doi: 10.1037/0096-3445.129.4.457
- Jacoby, L.L., & Dallas, M. (1981). On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110 (3), 306–340. doi: 10.1037/0096-3445.110.3.306
- Jiang, Y., & Leung, A.W. (2005). Implicit learning of ignored visual context. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12 (1), 100–106. doi: 10.3758/BF03196353
- Jiménez, L., & Vázquez, G.A. (2005). Sequence learning under dual-task conditions: Alternatives to a resource-based account. *Psychological Research*, 69 (5–6), 352–368. doi: 10.1007/s00426-004-0210-9
- Kinder, A., Shanks, D.R., Cock, J., & Tunney, R.J. (2003). Recollection, fluency, and the explicit/implicit distinction in artificial grammar learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132 (4), 551–565. doi: 10.1037/0096-3445.132.4.551
- Knowlton, B.J., Squire, L.R., Paulsen, J.S., Swerdlow, N.R., & Swenson, M. (1996). Dissociations within nondeclarative memory in Huntington's disease. *Neuropsychology*, 10 (4), 538–548. doi: 10.1037//0894-4105.10.4.538
- Lewicki, P., Czyżewska, M., & Hoffman, H. (1987). Unconscious acquisition of complex procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13 (4), 523–530. doi: 10.1037//0278-7393.13.4.523
- Lewicki, P., Hill, T., & Czyżewska, M. (1997). Hidden covariation detection: A fundamental and ubiquitous phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23 (1), 221–228. doi: 10.1037/0278-7393.23.1.221
- Mangan, B. (2003). The conscious «fringe»: Bringing William James up to date. In J. N. B. Baars W. P. Banks (Ed.), *Essential sources in the scientific study of consciousness* (pp. 741–759). Cambridge, MA: MIT Press.
- Mealor, A., & Dienes, Z. (2012). No-loss gambling shows the speed of the unconscious. *Consciousness and Cognition*, 21 (1), 228–237. doi: 10.1016/j.concog.2011.12.001
- Newell, B.R., & Bright, J.E. (2001). The relationship between the structural mere exposure effect and the implicit learning process. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*, 54 (4), 1087–1104. doi: 10.1080/02724980042000525
- Newell, B.R., & Shanks, D.R. (2014). Prime numbers: Anchoring and its implications for theories of behavior priming. *Social Cognition*, 32 (Supplement), 88–108. doi: 10.1521/soco.2014.32.supp.88
- Nissen, M.J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19 (1), 1–32. doi: 10.1016/0010-0285(87)90002-8
- Norman, E., Price, M.C., & Duff, S.C. (2006). Fringe consciousness in sequence learning: The influence of individual differences. *Consciousness and Cognition*, 15 (4), 723–760. doi: 10.1016/j.concog.2005.06.003
- Norman, E., Price, M.C., Duff, S.C., & Mentzoni, R.A. (2007). Gradations of awareness in a modified sequence learning task. *Consciousness and Cognition*, 16 (4), 809–837. doi: 10.1016/j.concog.2007.02.004
- Peigneux, P., Meulemans, T., Van der Linden, M., Salmon, E., & Petit, H. (1999). Exploration of implicit artificial grammar learning in Parkinson's disease. *Acta Neurologica Belgica*, 99, 107–117.
- Perruchet, P. (2008). Implicit learning. In *Cognitive psychology of memory*. Vol. 2 of *Learning and memory: A comprehensive reference* (pp. 597–621). Oxford: Elsevier.
- Perruchet, P., & Pacteau, C. (1990). Synthetic grammar learning: Implicit rule abstraction or explicit fragmentary knowledge? *Journal of Experimental Psychology: General*, 119 (3), 264–275. doi: 10.1037/0096-3445.119.3.264
- Perruchet, P., & Vinter, A. (2002). The Self-Organizing Consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 25 (3), 297–388.
- Ponomarev, Y.A. (1976). [Psychology of creativity]. Moscow: Nauka. (Russian).
- Ponomarev, Y.A. (1960). [Psychology of creative thinking]. Moscow: APN of the RSFSR. (Russian).
- Price, M.C., & Norman, E. (2008). Intuitive decisions on the fringes of consciousness: Are they conscious and does it matter. *Judgment and Decision Making*, 3 (1), 28–41.
- Reber, A. (1993). *Implicit learning and tacit knowledge: An essay on the cognitive unconscious*. New York: Oxford University Press.
- Reber, A.S. (1976). Implicit learning of synthetic languages: The role of instructional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 2 (1), 88–94. doi: 10.1037/0278-7393.2.1.88
- Reber, A.S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6 (6), 855–863. doi: 10.1016/S0022-5371(67)80149-X
- Reber, P.J., & Squire, L.R. (1999). Intact learning of artificial grammars and intact category learning by patients with Parkinson's disease. *Behavioral Neuroscience*, 113 (2), 235–242. doi: 10.1037/0735-7044.113.2.235
- Reber, P.J., & Squire, L.R. (1998). Encapsulation of implicit and explicit memory in sequence learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10 (2), 248–263. doi: 10.1162/089892998562681
- Scott, R.B., & Dienes, Z. (2010). Knowledge applied to new domains: The unconscious succeeds where the conscious fails. *Consciousness and Cognition*, 19 (1), 391–398. doi: 10.1016/j.concog.2009.11.009

- Scott, R. B., & Dienes, Z. (2008). The conscious, the unconscious, and familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34 (5), 1264–1288. doi: [10.1037/a0012943](https://doi.org/10.1037/a0012943)
- Shanks, D. R., Johnstone, T., & Staggs, L. (1997). Abstraction processes in artificial grammar learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. Section A: Human Experimental Psychology*, 50 (1), 216–252. doi: [10.1080/713755680](https://doi.org/10.1080/713755680)
- Shanks, D. R., & St John, M. F. (1994). Characteristics of dissociable human learning systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 17 (03), 367–395. doi: [10.1017/S0140525X00035032](https://doi.org/10.1017/S0140525X00035032)
- Shanks, D. R., Wilkinson, L., & Channon, S. (2003). Relationship between priming and recognition in deterministic and probabilistic sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29 (2), 248–261. doi: [10.1037/0278-7393.29.2.248](https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.2.248)
- Singley, M. K., & Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skill*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 2
- Smith, J., Siegert, R. J., McDowall, J., & Abernethy, D. (2001). Preserved implicit learning on both the serial reaction time task and artificial grammar in patients with Parkinson's disease. *Brain and Cognition*, 45 (3), 378–391. doi: [10.1006/brcg.2001.1286](https://doi.org/10.1006/brcg.2001.1286)
- Tunney, R. J. (2005). Sources of confidence judgments in implicit cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12 (2), 367–373. doi: [10.3758/BF03196386](https://doi.org/10.3758/BF03196386)
- Tunney, R. J., & Shanks, D. R. (2003). Subjective measures of awareness and implicit cognition. *Memory & Cognition*, 31 (7), 1060–1071. doi: [10.3758/BF03196127](https://doi.org/10.3758/BF03196127)
- Waldron, E. M., & Ashby, F. G. (2001). The effects of concurrent task interference on category learning: Evidence for multiple category learning systems. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8 (1), 168–176. doi: [10.3758/BF03196154](https://doi.org/10.3758/BF03196154)
- Wegner, D. M. (1994). Ironic processes of mental control. *Psychological Review*, 101 (1), 34–52. doi: [10.1037/0033-295X.101.1.34](https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.1.34)
- Whittlesea, B. W., & Dorken, M. D. (1997). Implicit learning: Indirect, not unconscious. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4 (1), 63–67. doi: [10.3758/BF03210775](https://doi.org/10.3758/BF03210775)
- Wilkinson, L., & Shanks, D. R. (2004). Intentional control and implicit sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30 (2), 354–369. doi: [10.1037/0278-7393.30.2.354](https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.2.354)
- Winter, B., & Reber, A. S. (1994). Implicit learning and the acquisition of natural languages. In N. C. Ellis (Ed.), *Implicit and explicit learning of languages* (pp. 115–145). London: Academic Press.
- Zizak, D. M., & Reber, A. S. (2004). Implicit preferences: The role(s) of familiarity in the structural mere exposure effect. *Consciousness and Cognition*, 13 (2), 336–362. doi: [10.1016/j.concog.2003.12.003](https://doi.org/10.1016/j.concog.2003.12.003)

Теории имплицитного научения: противоречивые подходы к одному феномену или непротиворечивые описания разных?

Иван Иванчей

Факультет психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Почти 50 лет назад А. Ребер описал феномен имплицитного научения как процесс ненамеренного и неосознанного усвоения закономерностей в окружающей среде. С тех пор психологи активно исследуют данный феномен, однако дать однозначное описание механизмов такого научения не удастся по сей день. Более того, описания свойств имплицитного научения сильно разнятся в зависимости от подхода к данному феномену. В работе представлены основные теоретические подходы, развивавшиеся в последние десятилетия. Выделено четыре типа теорий в зависимости от того, как они отвечают на два основных вопроса: 1) насколько осознанным является приобретаемое в ходе имплицитного научения знание; 2) насколько автоматически оно реализуется в поведении. Обсуждаются эмпирические данные в поддержку этих теорий. Выдвигается предположение о том, что разные подходы могут в действительности описывать не один, а несколько типов научения. Это может быть одной из причин успешного накопления эмпирических данных защитниками диаметрально противоположных теорий. Приводится концепция З. Динеса и Р. Скотта, с ее полезными терминами структурного и оценочного знания, которое может быть как осознанным, так и неосознанным. Таким образом, разные теоретические подходы могут описывать явления, относящиеся к четырем возможным ситуациям. Выделенные типы имплицитного научения обладают различными свойствами. В обзоре намечены пути поиска механизмов, работа которых определяет эти свойства. Предложенный подход упорядочивает разные виды имплицитного научения. Это должно помочь исследователям легче замечать родство результатов в разных научных областях, что очень важно в условиях постоянно растущего числа обнаруживаемых феноменов когнитивного бессознательного.

Контактная информация: Иван Иванчей, i.ivanchei@spbu.ru, факультет психологии, Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., д. 7–9, 199034, Санкт-Петербург, Россия.

Ключевые слова: имплицитное научение, сознание, бессознательное, научение, классификация, осознанность, автоматизм, прайминг, поведенческий прайминг, знание

© 2014 Иван Иванчей. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках проекта № 14–36–01271 а2 «Роль субъективных переживаний в имплицитном научении».

Статья поступила в редакцию 7 августа 2014 г. Принята в печать 20 ноября 2014 г.

Введение

В ходе жизни человек усваивает огромное количество закономерностей в окружающей среде. Большая часть из этих закономерностей заучивается человеком непреднамеренно. В качестве примеров можно привести двигательные реакции: сохранение равнове-

сия, схватывание быстро летящего предмета. С вычислительной точки зрения это очень сложные операции, однако эти «вычисления» происходят вне нашего сознания. Если говорить о более высокоуровневых навыках, то примером может служить усвоение языка (Cleeremans et al., 1998; Perruchet, 2008; Winter, Reber, 1994) и приобретение экспертного знания (Berry,

Dienes, 1993; Singley, Anderson, 1989). Непреднамеренное заучивание достаточно сложных закономерностей (зачастую без осознания самого факта заучивания) называют имплицитным научением. Этот феномен исследуется с середины 60-х годов XX века, однако многие вопросы остаются открытыми. Среди таких вопросов — проблема осознанности неявных знаний, а также проблема их применения. В классических теориях имплицитного научения предполагалось, что информация о неявных закономерностях усваивается автоматически, не осознается и так же неконтролируемо проявляется в поведении. Однако более поздние исследования показали, что знания, приобретаемые в стандартных экспериментах на имплицитное научение, на самом деле могут осознаваться: одна из классических книг даже называется «Насколько имплицитно имплицитное научение?» («How implicit is implicit learning», Berry, 1997). Оказалось также, что реализация имплицитных знаний в поведении может быть опосредована другими психическими процессами, например, неспецифическими субъективными переживаниями.

Таким образом, начиная с семидесятых годов, теоретики имплицитного научения спорят о природе изучаемого явления, занимая практически противоположные позиции. Десятилетия эмпирических исследований так и не позволили сделать однозначный выбор в пользу какой-либо из них. Этот факт позволяет предположить, что кардинально разные описания имплицитного научения могут относиться к разным феноменам, например, к разным формам научения. Мы рассмотрим основные теоретические позиции, а также эмпирические данные, которые приводятся исследователями в их поддержку. А затем попробуем выяснить, можно ли отнести позиции ученых не к одному, а к нескольким видам научения и таким образом рассматривать их не как конкурирующие, а как взаимодополняющие описания.

При описании теоретических подходов к имплицитному научению я буду использовать устоявшиеся в данной научной области термины. Так как значение термина изменяется в зависимости от того, в рамках какого подхода он употребляется, дадим здесь приблизительные определения, которые будем стараться сохранять на протяжении всей статьи. Под *репрезентацией* объекта понимается определенное содержание психики субъекта, позволяющее реагировать на данный объект соответствующим образом (отличающимся от реакций на другие объекты, для которых также есть репрезентации). Под *знанием* будем понимать совокупность репрезентаций, относящихся к определенной ситуации. Знание может отражать объекты внешнего и внутреннего мира человека, а также связи между ними. Под *научением* будет пониматься процесс приобретения человеком нового знания. В поведенческих терминах это означает, что человек начинает иначе реагировать на определенный класс объектов. Таким образом, научение всегда ведет к приобретению нового знания и исследуется с помощью измерения знания, поэтому по большей части я буду говорить именно о знании, имея в виду, что разные типы научения должны вести к разным типам знания.

Под *осознанностью* понимается характеристика знания — его субъективная представленность человеку. Такое знание может быть вербализовано и передано другому человеку. Под *автоматичностью* понимается применение знания в поведении без осознанного принятия решения человеком. То есть перед поведенческим актом в сознании человека нет осознанного знания, которое вербально можно сформулировать как «я обладаю таким-то знанием и сейчас применю его в поведении». В противоположность автоматическому поведению, которое следует за осознанным решением о применении какого-либо знания, будем называть *контролируемым*.

Статья состоит из трех разделов. В первой части будет сделан обзор теоретических подходов к имплицитному научению. Во второй части будут приведены эмпирические данные в поддержку этих позиций. В третьей части я постараюсь показать, каким образом разные подходы и разрозненные экспериментальные результаты могут обсуждаться в рамках непротиворечивой таксономии процессов научения.

Теории имплицитного научения

Ниже будут рассмотрены четыре класса теоретических подходов к имплицитному научению. Они выделены на основе ответов на два ключевых вопроса: 1) насколько осознанным является приобретенное в ходе научения знание? 2) как оно реализуется в поведении: автоматически или произвольно? Эти основания хорошо очерчивают сложившиеся в данной области исследований научные лагеря. Таким образом, будут рассмотрены четыре подхода:

- автоматическое применение неосознанного знания (полностью неосознанное научение),
- контролируемое применение осознанного знания (полностью осознанное научение),
- контролируемое применение неосознанного знания,
- автоматическое применение осознанного знания.

Автоматическое применение неосознанного знания

Пионером исследования имплицитного научения называют А. Ребера, который опубликовал первые работы с научением искусственной грамматике в шестидесятых годах (Reber, 1967). Классический эксперимент Ребера состоял из двух этапов: научения и теста. На первом этапе Ребер предъявлял испытуемым пару десятков строчек, по определенным правилам составленных из латинских букв (рис. 1). Эти правила определяют допустимый порядок букв в строчке. Перед испытуемыми ставилась задача стараться запомнить последовательно предъявляемые строчки. После стадии запоминания испытуемым сообщалось, что строчки, которые им предъявлялись, составлены на основе определенной системы правил (искусственной грамматике) и сейчас им будут предъявляться новые строчки, а они должны будут решить, соответствуют новые строчки этим правилам («грамматические» строчки) или нет («неграмматические» строчки).

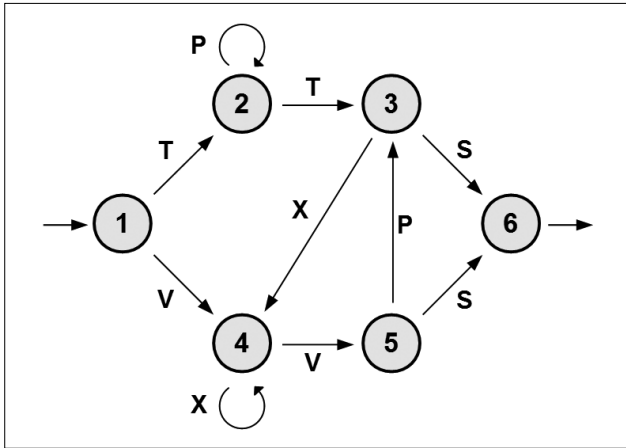


Рисунок 1. Пример искусственной грамматики. Строчки набираются путём переходов между узлами по стрелкам, начиная с первого узла и заканчивая шестым

Обычно в таком эксперименте испытуемые отвечают правильно в 60–70% случаев (при уровне случайного угадывания 50%). При этом испытуемые оказываются не способны рассказать о правилах грамматики. На основании своих первых результатов Ребер сделал вывод, что испытуемые неосознанно заучивают сложную абстрактную структуру искусственной грамматики, что позволяет успешно классифицировать новые стимулы. То есть испытуемые приобретают неосознанное знание, которое проявляется в поведении автоматически.

Исследования Ребера повлекли за собой разработку новых экспериментальных методик, в рамках которых были получены результаты, похожие на описанные выше. Среди них стоит выделить управление сложными динамическими системами (Berry, Broadbent, 1984), научение последовательностям (Nissen, Bullemer, 1987), перцептивное научение (Lewicki et al., 1987).

Пионеры исследований имплицитного научения предполагали, что оно обеспечивается мощной познавательной системой, отделенной от сознания. А. Ребер говорил о филогенетически более древней структуре, которая характеризуется большей надежностью, устойчивостью к травмам и меньшей индивидуальной изменчивостью, чем система сознательной обработки информации (Reber, 1993). Соглашаясь в этих положениях с А. Ребером, П. Левицки делал также акцент на том, что результаты работы бессознательного принципиально не доступны сознанию (Lewicki et al., 1997). Таким образом, эти исследователи полагали, что имплицитное знание приобретается ненамеренно, является неосознаваемым и проявляется в поведении автоматически.

Сходную позицию занимают и некоторые современные теоретики. В качестве примера можно привести А. Климманса, который считает, что имплицитное научение действительно недоступно осознанию и проявляется в поведении человека автоматически (Cleeremans, 2011). Климманс при этом полагает, что имплицитное научение имеет место только на начальных этапах научения, соответственно, его роль в познавательной деятельности оказывается существенно более скромной, чем в концепциях Ребера и Левицки.

Концепция Г. Эшби и коллег предполагает наличие двух независимых познавательных структур, которые соревнуются друг с другом за выполнение того или иного задания (Competition Between Verbal and Implicit Systems: COVIS; Ashby et al., 1998). Эксплицитная система контролируется субъектом и эффективно выполняет задачи, связанные с простыми логическими закономерностями — когда объекты можно классифицировать по одному четкому основанию. Имплицитная система действует автоматически и осуществляет интегративную оценку сложноорганизованного материала с несколькими взаимосвязанными основаниями для классификации объектов.

Имплицитное научение может играть разную роль в описанных подходах: у Ребера и Левицки оно является результатом работы древней и мощной познавательной системы. В концепции Г. Эшби и коллег это конкурирующий с сознательной обработкой информации процесс. У А. Климманса имплицитное научение — это начальная стадия процесса научения. Однако все эти подходы объединяет видение имплицитного знания как полностью неосознанного. А его проявление в поведении описывается как полностью автоматическое. В противовес такой радикальной позиции в 80-х и 90-х годах XX века группа теоретиков представила взгляд, согласно которому имплицитное научение не отличается принципиально от любого другого типа научения, являясь полностью осознанным и контролируемым.

Контролируемое применение осознанного знания

В 90-х годах развернулась полномасштабная экспериментальная, методологическая и теоретическая атака на классический подход к имплицитному научению. Был поставлен под сомнение как тезис об абстрактности приобретаемого в экспериментах знания, так и о его неосознанности (Shanks, St. John, 1994). Выделилась группа теоретиков, которые считали, что все знание, которое приобретает человек, доступно сознанию (Dulany, 1997; Perruchet, Vinter, 2002). Репрезентации возникают только в сознании, их обеспечивают нейронные механизмы, которые сами по себе не осознаются. В рамках такого менталистского подхода операции с репрезентациями (установка ассоциативных связей, использование их в целенаправленном рассуждении и т. д.) могут происходить только с участием сознания. В нервной системе возможны грубые адаптации к закономерностям в окружающей среде, но они не имеют отношения к психике и, соответственно, к проблеме сознания и научения (см. также Dulany et al., 1984; Shanks et al., 2003).

Теоретики, придерживающиеся такой позиции, не отрицают экспериментальных фактов приобретения неявного знания, которое трудно вербализовать, и предлагают свои объяснения того, каким образом такое знание проявляется в поведении. Однако общей чертой в подходах этих исследователей является представление о том, что приобретаемое знание осознанно и применяется под контролем сознания, и не существует иной формы усвоения информации, такой как неосознаваемое (имплицитное) научение.

Контролируемое применение неосознанного знания

Достаточно большое количество точек зрения на проблему можно разместить внутри обозначенного выше континуума «полностью неосознанное — полностью осознанное». Так, определенные ученые обратили внимание на тот факт, что иногда применение имплицитного знания опосредуется сознательно принятым решением. Б. Манган развивает идею обертон У. Джеймса, предполагая, что такие сознательно переживаемые, но трудновербализуемые репрезентации позволяют получать обобщенную оценку наличия релевантного контексту имплицитного знания (Mangan, 2003). Э. Норман и коллеги утверждают, что применение имплицитного знания опосредуется субъективными переживаниями, на основе которых принимается решение (Price, Norman, 2008). В концепции З. Динеса имплицитное научение сопровождается появлением чувства знакомости, которое человек научается распознавать и на которое опирается при принятии решений (Dienes, 2012; Scott, Dienes, 2008). Таким образом, представители данной позиции не оспаривают основного пункта классического подхода — неосознанности приобретаемого знания. Однако, они считают, что человек не находится в полном неведении и все-таки знает о том, что нечто заучил, и может пытаться целенаправленно применять знание, которое нельзя выразить вербально. В рамках таких концепций предполагается, что функциональная роль доступа к имплицитным знаниям (пусть и опосредованного) состоит в возможности контроля над ними (Price, Norman, 2008; Mangan, 2003; Koriat, 2007).

Автоматическое применение осознанного знания

Еще один из «промежуточных» подходов развивался Б. Уиттлси и коллегами (Whittlesea, Dorken, 1997). Они предлагают рассмотреть пример применения хорошо сформулированного навыка в неожиданной ситуации. Представьте себе человека, который занимается фехтованием. Он медленно, полностью эксплицитно заучивает основные необходимые движения до тех пор, пока не начнет выполнять их быстро и безошибочно. Когда он придет в школу танцев, может оказаться, что он заучивает движения танго намного быстрее других учеников. Он может этого не заметить, но детальный анализ движений покажет, что он применяет навыки, сознательно выработанные в школе фехтования. Именно такие ситуации обеспечивают испытуемому возможность классифицировать грамматические и неграмматические строчки выше уровня случайного угадывания, считает Б. Уиттлси. Выполняя задачу запоминания, человек приобретает знание о структуре грамматики, однако на втором этапе его просят выполнить задание, которое, по его мнению, не связано с тем, что он делал до этого. Похожую позицию в более ранних работах занимал З. Динес, описывая имплицитное знание в контексте теории репрезентаций высшего порядка (Dienes, Perner, 2001). Согласно данному подходу, репрезентация А является осознанной, только если у нас есть другая репрезентация Б, содержанием которой является наличие репрезентации А. Воспри-

ятие красного шара (репрезентация А) осознанно, если у нас есть репрезентация «я вижу красный шар» (репрезентация Б). В такой концепции имплицитное знание может быть представлено как репрезентация, относительно которой нет репрезентации более высокого порядка. Она может проявляться в поведении, но мы не можем отчитаться о ее содержании, так как не знаем, что она вообще существует.

Аналогичным образом, с точки зрения Д. Барга, функционирует поведенческий прайминг — явление, когда надпороговое, осознанное воздействие влияет на последующее поведение человека. По его мнению, это полностью автоматический процесс, не задействующий целенаправленное принятие решений: восприятие значения, связанного с заученным социальным стереотипом, автоматически запускает поведенческую реакцию (Bargh, 1994).

Эмпирические данные в поддержку четырех подходов

В данном разделе будут рассмотрены свидетельства в пользу каждого из четырех подходов. Важным моментом в истории исследования имплицитного научения стало признание того, что формируемое в ходе стандартной процедуры имплицитного научения знание не является односоставным или чистым. Человек всегда демонстрирует наличие как имплицитного, так и эксплицитного знания. Приверженцы полностью неосознанного имплицитного научения, признавая этот факт, пытались доказать, что, хотя определенный объем эксплицитного знания испытуемые тоже имеют, полностью неосознанные компоненты играют важную роль. Приверженцы идеи исключительно эксплицитного научения старались показать, что для фиксации осознанности используются нечувствительные меры. Некоторые эмпирические результаты хорошо вписываются в несколько теоретических подходов, поэтому данные ряда авторов будут приводиться в разных подразделах.

Автоматическое применение неосознанного знания

Сам А. Ребер провел много исследований, направленных на проверку его первоначальных гипотез относительно имплицитного научения. В работе 1976 года было показано, что имплицитное научение проявляется независимо от намерений человека, более того, если испытуемым в начале обучающей серии сообщать о том, что строчки подчиняются определенным правилам, найдя которые, они легче будут запоминать материал, испытуемые не только не улучшают свою эффективность, но и значимо хуже справляются с задачей классификации (Reber, 1976). Н. Хэйс и Д. Бродбент обнаружили похожий эффект в задаче управления динамическими системами (Hayes, Broadbent, 1988). Испытуемые обучались делать точные предсказания о поведении интерактивной системы со сложными взаимосвязями переменных. Например, удерживать продукцию симулятора фабрики на заданном уровне, который сложной закономерностью связан

с входными данными (количеством нанятых рабочих). Когда испытуемых просили объяснять свои решения, точность выполнения задания снижалась. Похожие эффекты были получены при решении мыслительных задач (Пономарев, 1976) и в задачах социальной перцепции (Белова, 2004). В дальнейшем, вслед за С. С. Беловой, я буду называть этот феномен «эффектом вербализации».

Задача научения последовательностям наряду с научением искусственной грамматике стала одной из стандартных лабораторных методик исследования имплицитного научения. Типичный эксперимент выглядит так: на экране перед испытуемым отмечены несколько зон, в которых может появляться целевой стимул (рис. 2). Задача испытуемого — как можно быстрее отреагировать на ее появление, нажав клавишу, соответствующую позиции, в которой появилась цель. Испытуемому об этом не сообщают, но на самом деле позиции, в которых появляется звездочка, следуют определенной закономерности. Научение проявляется в том, что со временем испытуемые начинают реагировать все быстрее и быстрее. Если закономерность вдруг нарушается, наблюдается резкое замедление реакции. При этом испытуемые не могут рассказать об этой закономерности, а чаще всего даже не замечают ее наличия.

А. Дестребек и А. Клирманс просили испытуемых после участия в эксперименте с научением последовательностям самостоятельно генерировать последовательности позиций: сначала — соответствующие введенной закономерности, затем — нарушающие ее (Destrebecqz, Cleeremans, 2001). Оказалось, что даже в условии, когда испытуемые должны были нарушать последовательность, они чаще случайного генерировали последовательности, соответствующие закономерности. То есть испытуемые были не в состоянии контролировать проявление своего имплицитного знания. Ф. Хайэм и коллеги сначала давали испытуемым для заучивания стимулы, составленные на основе одной искусственной грамматки, а затем — на основе другой (Higham et al., 2000). На тестовом этапе испытуемые должны были отмечать строчки, которые соответствуют только одной (целевой) грамматике.



Рисунок 2. Задача научения последовательностям

Испытуемые справлялись с заданием на уровне выше случайного угадывания, однако при ошибках значимо чаще выбирали строчки нецелевой грамматки, чем вовсе неграмматические строчки. То есть было показано, что испытуемые обладают как контролируемым знанием, которое они могут применять согласно инструкции экспериментатора, так и неконтролируемым знанием (второй грамматки), которое проявляется помимо воли субъекта.

Ряд исследователей полагал, что невозможность отличать свои правильные ответы от неправильных может указывать на неосознанность применяемого знания (Dienes, Perner, 2002). Способность к успешному мониторингу своих психических процессов называют метакогнитивной чувствительностью (Fleming, Lau, 2014), и этот феномен очень важен для исследования имплицитного научения. К. Чэн просил испытуемых в тестовой серии эксперимента по научению искусственной грамматике оценивать уверенность в своем ответе после каждой пробы (Chan, 1991). Точность ответов и оценки уверенности не коррелировали: испытуемые в среднем были одинаково уверены как в своих правильных, так и в неправильных ответах. Таким образом, был сделан вывод о том, что испытуемые не знают, когда они отвечают верно, а когда неверно — значит, применяют имеющиеся знания неосознанно. Сейчас это называют «критерием нулевой корреляции». Отсутствие метакогнитивной чувствительности при научении искусственной грамматике было получено в ряде последующих работ (Dienes et al., 1995; Dienes, Altmann, 1997; Zizak, Reber, 2004). З. Динес и коллеги (Dienes et al., 1995) просили испытуемых оценивать уверенность в своих ответах в каждой пробе, а затем проанализировали только те ответы, уверенность в которых была на нулевом уровне (в этих пробах испытуемые считали, что отвечают наугад — все равно, что подбросить монетку). Оказалось, что в таких пробах испытуемые отвечают правильно чаще случайного, что говорит о проявлении имплицитного знания, о котором испытуемые не подозревали. Этот показатель обычно называют «критерием угадывания».

Испытуемые с расстройствами памяти классифицируют строчки с такой же успешностью, как и здоровые испытуемые, но в отличие от последних оказываются неспособными указать буквосочетания, которые встречались в ходе обучающей серии, в тесте узнавания (Knowlton et al., 1996). Здоровые испытуемые справляются с этой задачей, показывая наличие определенного объема эксплицитного знания. Такой же результат был получен с использованием методики научения последовательностям (Reber, Squire, 1998). Сохранность имплицитного научения была неоднократно продемонстрирована у пациентов с болезнью Альцгеймера (Smith et al., 2001; Peigneux et al., 1999; Reber, Squire, 1999).

О способности усваивать неосознаваемые знания и автоматически применять их в поведении свидетельствует большое количество экспериментальных данных. Чаще всего они связаны с демонстрацией независимости имплицитного научения от системы сознательной переработки информации или даже противоречия между ними. Так, на разных задачах было

показано, что целенаправленный осознанный поиск имплицитных закономерностей может приводить к снижению эффективности поведения (Reber, 1976; Hayes, Broadbent, 1988; Пономарев, 1976; Белова, 2004). Испытуемые часто не могут контролировать применение имплицитного знания: оно проявляется, даже если это запрещено инструкцией (Destrebecqz, Cleeremans, 2001; Higham et al., 2000). Исследователи объясняют это тем, что к имплицитным знаниям нет доступа, а соответственно, нет и контроля над ними. Люди не могут отличить свои правильные ответы от неправильных (Chan, 1991; Dienes, Altmann, 1997; Zizak, Reber, 2004; Dienes et al., 1995). Это также согласуется с данной интерпретацией: отсутствие доступа к системе имплицитного научения не позволяет оценить ее эффективность. И, наконец, клинические исследования показывают, что при заболеваниях, связанных с тяжелыми нарушениями памяти, люди способны к имплицитному научению (Knowlton et al., 1996; Reber, Squire, 1998; Reber, Squire, 1999; Smith et al., 2001; Peigneux et al., 1999). Это также говорит в пользу того, что имплицитное научение не связано с процессами осознаваемой обработки информации. В следующем подразделе мы рассмотрим, какие эмпирические свидетельства в свою пользу приводят противники классического подхода.

Контролируемое применение осознанного знания

Д. Дилейни утверждал, что в ходе научения люди не заучивают сложные абстрактные структуры имплицитно: они осознанно формулируют эксплицитные правила, которые частично совпадают с правилами искусственной грамматики. В экспериментах Дилейни и коллег испытуемые указывали на фрагменты тестовых строчек, которые делают их грамматическими или неграмматическими (Dulany et al., 1984). Оказалось, что испытуемые действительно формулировали свои правила о присутствии или отсутствии в грамматических строчках определенных элементов, следовали этим правилам, и это вело к точности выше случайного угадывания. П. Перрюше и Ш. Пакто в несколько другом эксперименте показали, что для точной классификации строчек на таком уровне достаточно просто запоминать некоторые сочетания букв из обучающей серии (Perruchet, Pacteau, 1990).

Д. Шэнкс и коллеги во многих экспериментах показывали, что уверенность в ответах все-таки коррелирует с точностью (например, если использовать другую шкалу — бинарную вместо континуальной), утверждая, что это доказывает осознанность научения (Tunney, Shanks, 2003; Tunney, 2005).

Данные А. Дестребека и А. Клирманса об автоматическом применении имплицитного знания не были воспроизведены в нескольких экспериментах: испытуемые были способны не следовать заученной закономерности, если их об этом просили (Norman et al., 2006).

Отдельное направление исследований было посвящено демонстрации того, что диссоциации между научением и другими мерами, предположительно связанными с осознанием (например, узнаванием), проявляются не всегда и могут быть объяснены работой

одной когнитивной системы. Так, Д. Шэнкс и его коллеги успешно моделировали эти диссоциации в задаче научения последовательностям с помощью односистемной вычислительной модели (Shanks et al., 2003).

Критики полностью неосознанного и автоматического научения чаще всего шли следом за сторонниками этого подхода, предлагая альтернативные интерпретации, указывая на недостатки дизайна или просто демонстрируя невоспроизводимость результатов. Было показано, что испытуемые могут эксплицитно заучивать не всю грамматику, а ее фрагменты (Dulany et al., 1984) или вообще короткие буквосочетания (Perruchet, Pacteau, 1990), и это обеспечивает получаемую в экспериментах точность в тестовом задании. В определенных условиях корреляция между точностью и оценками уверенности все-таки возникает (Tunney, Shanks, 2003; Tunney, 2005). А результаты, демонстрирующие невозможность игнорировать имеющееся имплицитное знание, не были воспроизведены в нескольких работах (Norman et al., 2006; Wilkinson, Shanks, 2004). Диссоциации между научением и, например, узнаванием, могут быть смоделированы односистемными вычислительными моделями (Shanks et al., 2003), что говорит об отсутствии необходимости выделять дополнительный имплицитный блок в когнитивной системе. Далее будут приведены эмпирические данные в пользу промежуточных подходов.

Контролируемое применение неосознанного знания

Представители данного подхода пытались показать, что человек не осознает имплицитно заученные закономерности, однако имеет к ним опосредованный доступ. Целью исследователей было зафиксировать осознаваемые индикаторы такого доступа и показать, что он позволяет контролировать имплицитные знания и применять их в соответствии с осознаваемыми целями человека.

Как уже говорилось выше, в достаточно большом количестве работ показано, что при научении искусственной грамматике испытуемые часто знают, когда они правы, а когда нет (Tunney, Shanks, 2003; Tunney, 2005). Такой результат был получен и неоднократно воспроизведен основоположниками метода (Dienes, Berry, 1997; Scott, Dienes, 2008).

Корреляция между точностью и уверенностью может говорить о том, что в сознании испытуемого отражается в каком-то виде наличие релевантного имплицитного знания. Существует много мнений о том, какого рода переживание это может быть: переживание беглости обработки информации, чувство знакомости, приятность стимулов и др.

Беглость переработки информации. Переживание беглости переработки информации возникает, когда человек в очередной раз воспринимает определенные стимулы или когда он воспринимает стимулы, похожие на те, что были восприняты до этого (Jacoby, Dallas, 1981). В рамках исследований имплицитного научения А. Бухнер показал, что стимулы, соответствующие имплицитной закономерности, прочтываются с экрана быстрее (Buchner, 1994). А А. Киндер

с коллегами показала, что, чем быстрее обнаруживается зашумленный стимул, тем вероятнее он будет назван грамматическим (Kinder et al., 2003).

Структурный эффект простого предъявления. Эффект простого предъявления состоит в том, что объекты, которые предъявлялись несколько раз, оцениваются человеком как более приятные, чем стимулы, предъявленные впервые (Bornstein, 1989). П. Гордон и К. Холиоук получили в своих экспериментах структурный эффект простого предъявления: новые стимулы, обладающие той же структурой, что и ранее воспринятые, оценивались как более приятные, чем новые стимулы, не соответствующие ей (Gordon, Holyoak, 1983). Этот результат был воспроизведен в ряде более поздних работ (Newell, Bright, 2001; Zizak, Reber, 2004).

Чувство знакомости. В эксперименте Р. Скотта и З. Динеса в тестовой серии испытуемые оценивали знакомость стимулов (относительно обучающей серии) и классифицировали их как грамматические или нет (Scott, Dienes, 2008). Корреляция между оценкой знакомости и оценкой грамматичности строки составила .68. Причем оказалось, что на начальных этапах эксперимента, чувство знакомости коррелирует с классификацией (чем выше чувство знакомости, тем выше вероятность оценить строчку как грамматическую), однако на уровне самоотчетов испытуемые не всегда осознают, что опираются на чувство знакомости. Осознание этого факта возрастает в ходе эксперимента.

В эксперименте Э. Норман и коллег испытуемые выполняли стандартную задачу научения последовательностям (Norman et al., 2007). В конце эксперимента испытуемые были неспособны вербально отчитаться о закономерности, согласно которой предъявлялись стимулы, однако могли достаточно точно предсказывать позицию следующего стимула в специально организованном тесте. Авторы считают, что такое поведение возможно из-за наличия доступа к имеющемуся имплицитному знанию через невербализуемые, но осознанные субъективные переживания.

Демонстрация контролируемого применения имплицитного знания была получена в экспериментах с научением нескольким грамматикам с последующим целенаправленным применением знания об одной из них. В дизайне с двумя грамматиками (как в упомянутом эксперименте Хайэма) З. Динес и коллеги показали, что испытуемые могли произвольно выбирать строчки, соответствующие одной из заученных грамматик (Dienes et al., 1995).

В той же работе Динес и коллеги обнаружили, что если испытуемые не знают о связи между тестовой и обучающей серией, точность классификации строчек снижается до случайного уровня (Dienes et al., 1995, эксперимент 5).

В большом количестве исследований (особенно с методикой научения последовательностям) изучалась роль внимания в имплицитном научении. Исследователи просили испытуемых выполнять какое-нибудь задание, отвлекающее внимание от основного. Это могли быть задачи генерации случайных чисел, подсчета звуковых сигналов, обратного счета и т. д. Ряд экспериментов показал, что внимание необходимо не для приоб-

ретения имплицитного знания, а для его применения (Frensch et al., 1998; Jiang, Leung, 2005). То есть при разделении внимания в тестовой серии (в отличие от аналогичного воздействия в обучающей серии) применение имплицитного знания оказывается затруднено.

В согласии с теоретиками, говорящими о полностью осознанном научении, приверженцы идеи контролируемого применения неосознанного знания указывают на то, что чаще всего корреляция между точностью и оценками уверенности все-таки присутствует в экспериментах на научение искусственной грамматике (Dienes, Berry, 1997; Scott, Dienes, 2008). Их отличает мнение об основе этой корреляции. Приверженцы полностью осознанного научения утверждают, что эта основа — осознанное знание заученной закономерности. Сторонники контролируемого применения неосознанного знания говорят об опосредованных сигналах от неосознаваемого знания. Эти сигналы могут принимать разные формы. Так, в экспериментах было показано, что испытуемые могут опираться на чувство беглости переработки информации (Buchner, 1994; Kinder et al., 2003), на приятность стимулов (Gordon, Holyoak, 1983; Newell, Bright, 2001; Zizak, Reber, 2004), на чувство знакомости (Scott, Dienes, 2008). При этом опора на субъективные переживания может расти с ходом эксперимента (Scott, Dienes, 2008). Показано, что способность делать предсказания на основе заученной закономерности не связана с ее осознанностью (Norman et al., 2007). Еще одно сходство представителей двух подходов в том, что они подчеркивают способность произвольно контролировать применение заученной закономерности (Dienes et al., 1995), однако Динес и коллеги делают при этом упор на неосознанность знания грамматики. Необходимость ресурсов внимания для успешного выполнения тестового задания также согласуется с идеей контролируемого применения имплицитного знания (Frensch et al., 1998; Jiang, Leung, 2005). А отсутствие влияния недостатка ресурсов внимания на этапе обучения говорит о неосознаваемом характере приобретения знаний (однако данная проблема все еще обсуждается, см. Jimenez, Vazquez, 2005). Эффект вербализации, описанный в предыдущем разделе, согласуется с идеей двух систем обработки информации: имплицитной и эксплицитной. Вполне вероятно, что он также может относиться и к подходам, в которых предполагается, что люди опираются на субъективные переживания: необходимость вербализовывать свои решения может интерферировать с другими основаниями для принятия решений. Однако этому вопросу приверженцы данного подхода внимания не уделяли.

Автоматическое применение осознанного знания

Я. А. Пономарев еще раньше А. Ребера описал эффект, очень схожий с имплицитным научением (Пономарев, 1960, 1976). Он исследовал, как влияет на поведение испытуемых введение подсказки на разных этапах решения творческой задачи. В одном из его экспериментов испытуемым давалась задача «Политипная панель»: требовалось надеть по определенным пра-

вилам набор планок на панель. Испытуемые достаточно легко выполняли задание, и после этого им давалась следующая задача — лабиринт. Оптимальный путь в лабиринте полностью повторял форму итогового расположения планок в задаче «Политипная панель». Пономарев обнаружил следующий эффект: если в обычных условиях, проходя лабиринт, испытуемый совершал 70–80 ошибок, то при прохождении после решения задачи «Политипная панель» — не более 10. При этом проявлялся эффект вербализации: если от испытуемого требовали объяснить свои решения при выборе пути в лабиринте, число ошибок резко возрастало (Пономарев, 1976). Положение панелей в первой задаче полностью осознавалось испытуемыми, однако испытуемые не понимали, что этот опыт влияет на решение следующей задачи.

К эмпирическим результатам, поддерживающим данный подход, можно отнести также работы в области надпорогового прайминга. В социальной психологии было проведено много экспериментов, в которых сознательно воспринятые стимулы влияли на поведение людей без их намерения. Так, если испытуемым в какой-либо форме предъявлялись слова, семантически связанные со старостью, они начинали идти медленнее (Bargh et al., 1996), слова, связанные с понятием «библиотека», заставляли людей вести себя тише (Aarts, Dijksterhuis, 2003), а с «враждебностью» — более агрессивно (Carver et al., 1983). Джон Барг предполагает, что такое поведение не опосредовано осознанным принятием решения, так как в большинстве экспериментов измеряемое поведение наблюдается в момент, когда человек считает, что участие в исследовании уже закончено. Такое поведение может контролироваться, только если человек знает о воздействиях, которые на него оказывались. При этом для преодоления заученного стереотипа необходимы ресурсы внимания: при загрузке внимания и попытках преодолеть заученную реакцию она может совершаться даже чаще, чем в условии, когда инструкция не совершать заученную реакцию отсутствует (Wegner, 1994).

Таким образом, было показано, что хотя то знание, которое определяет поведение в данной ситуации, может быть осознанным, сам факт его влияния может не осознаваться человеком и быть не связанным с его намерениями. Так, большая часть эффектов поведенческого прайминга получена в ситуации, когда человек не знает, что участвует в эксперименте, или не знает, что является измеряемым поведением (Bargh et al., 1996; Aarts, Dijksterhuis, 2003; Carver et al., 1983). При этом вмешательство сознания в этот процесс может вести к ухудшению выполнения задания (Пономарев, 1976). Такое научение плохо поддается контролю, особенно в ситуации ограничения ресурсов внимания (Wegner, 1994).

Обобщение эмпирических результатов

Полученные исследователями результаты не позволяют сделать однозначное заключение в пользу того или иного подхода. Однако нельзя сказать, что усилия исследователей остались бесплодными. На данный момент большинством авторов признается, что человеческое знание и научение имеет множество прояв-

лений и некоторые факторы, определяющие протекание тех или иных процессов в определенных ситуациях научения, известны. Так, Ребер и первые исследователи имплицитного научения показали, что испытуемые не могут рассказать о правилах искусственной грамматики (Reber, 1967, 1989). Дилейни и коллеги продемонстрировали, что тесты, не требующие вербализации, показывают у испытуемых осознанное знание фрагментов грамматики (Dulany et al., 1984). Перрюше и Пакто показали, что форма приобретенного имплицитного знания может быть принципиально иной: классификация целых строчек на тестовом этапе может быть обеспечена осознанным заучиванием фрагментов стимулов в обучающей серии (Perruchet, RastEAU, 1990). Однако, такой эффект проявляется не всегда, и существуют подозрения, что этот результат обусловлен специфической подборкой стимульного материала (Gomez, Schvaneveldt, 1994). Это также не объясняет способность испытуемых правильно классифицировать строчки в эксперименте с переносом (Dienes, Altmann, 1997). Эксперимент с переносом состоит из обычной обучающей серии, однако, в тестовой серии испытуемым предъявляются строчки, составленные из новых букв, хотя грамматические строчки подчиняются тем же правилам грамматики, что и строчки в обучающей серии.

Областью для дискуссий остается проблема целенаправленности применения имплицитного знания. В почти идентичных экспериментах Ф. Хайэм (Higham et al., 2000) и З. Динес (Dienes et al., 1995) получили разные результаты: в эксперименте Хайэма испытуемые выбирали строчки «запрещенной» грамматики чаще, чем совсем не грамматические строчки (что говорит об автоматичности применения имплицитного знания), но этот эффект не был обнаружен в эксперименте Динеса и коллег (в экспериментах были некоторые отличия в процедуре и стимульном материале, см. обсуждение в статье Хайэма).

Точность ответов испытуемых коррелирует с уверенностью в данных ответах, что говорит об осознанном применении имплицитного знания (Dienes et al., 1995; Tunney, Shanks, 2003; Scott, Dienes, 2008). Однако, это также проявляется не всегда (Chan, 1991). Например, в экспериментах с переносом такая корреляция обычно пропадает (Dienes, Altmann, 1997).

Предположительно, оценка уверенности связана с другими субъективными переживаниями, возникающими в ситуации научения: чувством беглости обработки информации (Buchner, 1994; Kinder et al., 2003), приятности (Gordon, Holyoak, 1983; Zizak, Reber, 2004) или знакомости стимулов (Scott, Dienes, 2008). Эти меры оказываются чувствительны к одним и тем же экспериментальным условиям. Например, если использовались незнакомые для испытуемых стимулы, не наблюдалось как структурного эффекта простого предъявления, так и корреляции между точностью и уверенностью (Zizak, Reber, 2004). Оба эффекта не проявляются в экспериментах с переносом (Newell, Bright, 2001). Скотт и Динес обнаружили корреляции между знакомостью стимулов и уверенностью в их классификации (Scott, Dienes, 2008). Это говорит

о том, что чувство знакомости, структурный эффект простого предъявления и метакогнитивная чувствительность могут иметь общий источник.

Некоторые результаты не реплицируются. Так, данные о проявлении имплицитного знания последовательностей вопреки инструкции (Destrebecqz, Cleeremans, 2001) не были воспроизведены в нескольких работах (Norman et al., 2006; Wilkinson, Shanks, 2004). Эксперимент Д. Барга (Bargh et al., 1996) также критикуется за плохую воспроизводимость (см. например, Doyen et al., 2012), как и многие другие эксперименты по поведенческому праймингу (см. обзор Newell, Shanks, 2014).

Накоплено большое количество результатов, которые требуют обобщения. Так как четыре описанных подхода к имплицитному научению оказались подкреплены солидным объемом эмпирических данных, должна быть разработана новая концепция, которая бы описывала механизмы научения и условия, в которых они могут порождать те поведенческие проявления, которые фиксируются исследователями в экспериментах. Основу для такой концепции, по моему мнению, заложил З. Динес с коллегами. О ней и пойдет речь в следующем разделе.

Интегративный подход З. Динеса и Р. Скотта

З. Динес и Д. Пернер (Dienes, Perner, 2002), а затем З. Динес и Р. Скотт (Dienes, Scott, 2005) разделили знание, которым может обладать человек, на два типа на основании его содержания. Если взять область заучивания связей между объектами в окружающей среде, то человек после взаимодействия с этой средой может знать: а) структуру связей между объектами в ней; б) соответствует ли новая ситуация, с которой он сталкивается, этой структуре. Первый тип знания может быть вербализован и позволяет передать полученный опыт другому человеку. Второй тип знания позволяет давать точные оценки новой ситуации. Обладая вторым типом знания, человек может сказать, ЧТО перед ним (правильно классифицировать ситуацию на основе того, соответствуют ли объекты в этой ситуации заученной структуре). Обладая первым типом знания, человек может объяснить, ПОЧЕМУ он классифицировал (оценил) ситуацию тем или иным образом. Динес и Скотт называют первый тип знания (знание структуры заученного материала) *структурным знанием* (в оригинале: structural knowledge), а второй тип (знание о том, соответствует ли новая ситуация этой структуре) — *оценочным знанием* (judgment knowledge).

Кажется очевидным, что оценочное знание не может существовать без структурного знания: если человек не знает основания классификации, как он может правильно классифицировать? Однако, при введении еще одного измерения отношение между двумя типами знания становится не таким тривиальным. Речь идет об осознанности знания. Осознанное оценочное знание присутствует у человека, когда он заявляет, что точно знает, к какому классу принадлежит актуальная ситуация, и, в действительности, его суждения оказываются верными (например, человек

уверен, что предъявленная строчка является грамматической, и оказывается прав). Осознанное структурное знание присутствует, когда человек может описать структуру объектов, которую он заучил (например, рассказать о правилах грамматики). Таким образом, в предложенной схеме есть две переменные, которые могут характеризовать имеющееся у человека знание: структурность/оценочность и осознанность/неосознанность. Из двух переменных логически вытекает четыре типа знания:

- неосознанное структурное и неосознанное оценочное знания,
- неосознанное структурное и осознанное оценочное знания,
- осознанное структурное и неосознанное оценочное знания,
- осознанное структурное и осознанное оценочное знания.

Необходимо отметить, что Динес не рассматривает все четыре логически допустимые ситуации. Третий случай — осознанное структурное и неосознанное оценочное знания — не обсуждается в его работах. Сейчас мы рассмотрим исследования Динеса и коллег, а затем обсудим, почему одна из возможных ситуаций игнорируется ими.

В своих экспериментах с научением искусственным грамматикам Динес и Скотт применяли разработанный ими тест атрибуции стратегии принятия решения. В каждой пробе испытуемый должен был ответить, на каком основании он принимал решение, когда классифицировал строчку:

- А. Отвечал наугад (все равно что подбросить монетку перед ответом);
- Б. Опирался на интуицию (не наугад: думаю, что отвечаю правильно, но затрудняюсь объяснить, почему);
- В. Опирался на осознанное знание правил (могу объяснить, если спросят);
- Г. Опирался на целенаправленное припоминание строчек или их фрагментов из обучающей серии.

Затем авторы анализировали точность ответов испытуемых по каждой из выделенных атрибуций. Например, ответы, отнесенные к интуиции, анализировались все вместе. В каждой из атрибуций испытуемые могли классифицировать строчки с точностью, равной уровню случайного угадывания или превышающей его. Если испытуемый отвечает правильно чаще случайного уровня, когда считает, что «гадает» (атрибуция А), Динес и Скотт предлагают делать вывод о наличии и структурного, и оценочного знания, но оба они остаются неосознанными, так как субъективно испытуемый целенаправленно не использует свое знание, считая, что нужное знание отсутствует. Если испытуемый правильно отвечает чаще случайного уровня, когда полагается на интуицию (атрибуция Б), делается вывод о наличии осознанного оценочного знания (так как человек осознает, что отвечает правильно) и неосознанного структурного (так как он не может объяснить, почему именно он классифицирует строчки так или иначе). Если испытуемый отвечает правильно

чаще случайного уровня, когда полагается на осознанное знание правил или целенаправленное припоминание (атрибуции В и Г), делается вывод о наличии осознанного оценочного и структурного знания. В своих экспериментах Динес и Скотт получали точность ответов выше уровня случайного угадывания для всех атрибуций. Таким образом было показано присутствие нескольких типов знания в стандартных экспериментах на научение искусственной грамматике.

Далее исследователи показали, что выделенные ими типы знания обладают различными характеристиками, что говорит о качественной разнице между этими типами знания. Это в свою очередь подтверждает теоретические взгляды авторов данной таксономии. Я приведу некоторые из этих результатов.

Атрибуции А и Б отражают применение неосознанного структурного знания, а В и Г — осознанного. В экспериментах были получены определенные различия между пробами с осознанным и неосознанным структурным знанием.

1. Когда испытуемые применяют осознанное структурное знание (когда даются атрибуции В и Г), точность ответов выше, чем при применении неосознанного структурного знания (атрибуции А и Б) (Dienes, Scott, 2005, эксперимент 1).

2. При применении осознанного структурного знания (атрибуции В, Г) испытуемые чаще совершают повторную ошибочную классификацию стимула (Dienes, Scott, 2005, эксперимент 1). Такая согласованность ошибочных ответов часто считается признаком осознанной обработки информации (Reber, 1989; см. также Allakhverdov, 2009 и Андриянова, 2014).

3. Введение дополнительного задания, отвлекающего внимание, уменьшает количество осознанного структурного знания (доля проб с атрибутами В и Г), в то время как инструкция искать правила грамматики с самого начала обучающей серии — увеличивает (Dienes, Scott, 2005, эксперимент 2). Кроме того, инструкция искать правила и загрузка внимания вместе (то есть при взаимодействии) снижали эффективность только при применении осознанного структурного знания (Dienes, Scott, 2005, эксперимент 2).

4. Время ответов при использовании неосознаваемого структурного знания больше, чем для осознаваемого структурного знания (Mealor, Dienes, 2012). Это различие отрицательно коррелирует с уверенностью (чем меньше уверенность в ответе, тем дольше он дается), но если уверенность контролируется, то эффект все равно остается.

5. При оценке вклада разных факторов в то, как испытуемый классифицирует строчку, оказывается, что объективная схожесть тестовой строчки со строчками из обучающей серии почти полностью определяет ответы испытуемого. Но в пробах, в которых испытуемые используют осознанное структурное знание, проявляется дополнительный вклад самой по себе грамматичности, которая не объясняется объективной схожестью строчек (Scott, Dienes, 2008).

Таким образом, Динес, Скотт и их коллеги попытались продемонстрировать, что их классификация отражает реальное разделение между типами знания, которые приобретает и использует человек. Динес

утверждает, что предложенный тест атрибуции стратегии ответа позволяет зафиксировать реальное различие в используемом испытуемыми знании (Dienes, 2012). При этом, по утверждению Динеса, такой метод измерения осознанности оказывается более полезным для психологов, так как он оценивает осознанность *структурного* знания, в то время как другие субъективные меры осознанности, например, оценка уверенности, измеряют осознанность *оценочного* знания. То есть они дают положительный результат в ситуации, когда человек знает, как правильно классифицировать стимулы, но не знает почему, а значит, не обладает осознанным структурным знанием. Такую же критику Динес высказывает в отношении тестов, в которых в качестве меры осознанности выступает способность к контролю проявления знания (Destrebecqz, Cleeremans, 2001). По мнению Динеса, это также достигается наличием лишь осознанного оценочного знания.

Основная идея данной работы состоит в том, чтобы показать, что классификация З. Динеса может включить в себя описанные ранее подходы к имплицитному научению. Сам Динес полагает, что в рамках исследования имплицитного научения имеет смысл говорить только о ситуациях неосознанного структурного знания. Я считаю, что подход Динеса имеет больший потенциал. Мы можем говорить о редких, но важных случаях осознанного структурного и неосознанного оценочного знания, и объединить таким образом области когнитивной и социальной психологии, используя общие термины. Данный подход позволяет также наладить непротиворечивое взаимодействие между исследователями имплицитного научения и теми, кто считает, то никакого «имплицитного» научения не существует. Две характеристики знания у Динеса и два основания для выделения подходов в начале данной работы (приобретенное знание: осознанное/неосознанное; применение знания: контролируемое/автоматическое), возможно, относятся к одним и тем же явлениям в реальности (таблица 1). То есть исследователи, по-разному подходившие к имплицитному научению, могли изучать разные его проявления. Как было сказано выше, третий тип знания не обсуждался и не исследовался Динесом и коллегами. Причина этого, по-видимому, в том, что с помощью разрабатываемой ими измерительной процедуры (теста атрибуции ответа) нельзя идентифицировать такую ситуацию: человек не может сказать, что не знает, какой ответ правильный, если он опирается на осознанные структурные знания.

	Неосознанное оценочное	Осознанное оценочное
Неосознанное структурное знание	1. Полностью неосознанное научение	2. Контролируемое применение неосознанного знания
Осознанное структурное знание	3. Автоматическое применение осознанного знания	4. Полностью осознанное научение

Таблица 1. Описание четырех подходов к имплицитному научению в терминах структурного и оценочного знания

Свойство	Тип знания			
	Неосознанное структурное и оценочное знание (полностью неосознанное научение)	Неосознанное структурное и осознанное оценочное знание (контролируемое применение неосознанного знания)	Осознанное структурное и неосознанное оценочное знание (автоматическое применение осознанного знания)	Осознанное структурное и оценочное знание (полностью осознанное научение)
1. Осознанное восприятие закономерности и её узнавание при последующем предъявлении.	- Hayes, Broadbent, 1988; Nissen, Bullemer, 1987; клинические данные по диссоциации имплицитного и эксплицитного научения	- Reber, 1976; большая часть исследований научения искусственной грамматике	+ Поведенческий прайминг; Пономарёв, 1960, 1976	+ Dulany et al., 1984; Perruchet, Pacteau, 1990; Shanks et al., 1997; Waldron, Ashby, 2001
2. Осведомлённость о наличии релевантного задаче знания	- Nissen, Bullemer, 1987; Lewicki et al., 1987	+ Dienes et al., 1995; Scott, Dienes, 2008	- Bargh et al., 1996; Пономарёв, 1976	+ Johnstone et al., 1997, Dulany et al., 1984; Perruchet, Pacteau, 1990
3. Возможность считаться о релевантном задаче знания	- Nissen, Bullemer, 1987; Lewicki et al., 1987	- Reber, 1976; большая часть исследований научения искусственной грамматике	- Пономарёв, 1976	+ Johnstone et al., 1997; Dulany et al., 1984; Perruchet, Pacteau, 1990
4. Корреляция между точностью и уверенностью	- Dienes et al., 1995; Dienes, Altmann, 1997	+ Tunney, Shanks, 2003; Tunney, 2005	Нет данных	+ Dienes, Scott, 2005
5. Высокая точность ответов «наугад»	+ Dienes et al., 1995; Dienes, Scott, 2005, Scott, Dienes, 2010	- Dienes, Scott, 2005	+ Пономарёв, 1960, 1976	- Dienes, Scott, 2005
6. Требуется ресурсов внимания	- Waldron, Ashby, 2001; Jiang, Leung, 2005; Dienes, Scott, 2005	+ Frensch et al., 1998; Dienes, Scott, 2005; Meador, Dienes, 2012	- Wegner, 1994	+ Waldron, Ashby, 2001; Dienes, Scott, 2005
7. Подвержено эффекту вербализации	Нет данных	Нет данных	+ Пономарёв, 1976; Белова, 2004	- Hayes, Broadbent, 1988
8. Может гибко применяться в соответствии с заданной целью	- Higham et al., 2000; Destrebecqz, Cleeremans, 2001	+ Dienes et al., 1995; Kinder et al., 2003; Norman et al., 2007	- Пономарёв, 1976; Wegner, 1984	+ Dienes et al., 1995; Higham et al., 2000; Destrebecqz, Cleeremans, 2001

Таблица 2. Свойства четырёх выделенных типов знания

Попробуем описать свойства каждого из четырех выделенных типов знания. Для удобства будем пользоваться терминами Динеса и Скотта. Эти свойства перечислены в таблице 2, и я приведу некоторые требующие дополнительного обсуждения детали в следующих абзацах.

1. *Неосознанное структурное и оценочное знание (полностью неосознанное научение)*. Такое научение наблюдается, когда человек не знает о том, что он чему-то научился или не имеет возможности применить имеющееся знание из-за загрузки или отвлечения внимания. В результате мы получаем полное отсутствие информации о заученной закономерности и соответствующем ей знании, нет метакогнитивной чувствительности, однако наблюдается точность на уровне выше случайной, когда человек считает, что просто гадает, давая ответы. Ресурсы вни-

мания не требуются, так как нет этапа осознанного принятия решения. Как результат, человек не может целенаправленно применять имеющееся у него знание.

2. *Неосознанное структурное и осознанное оценочное знание (контролируемое применение неосознанного знания)*. Такие характеристики научения наблюдаются, когда человек знает, что чему-то научился и имеет ресурсы внимания для оценки ситуации. Примерами такого типа научения могут выступать большинство случаев научения искусственной грамматике, где наблюдается корреляция между точностью ответов и уверенностью в них, при этом вербализовать свои знания испытуемые не могут. Два уникальных свойства этого типа знания, порожденные отсутствием осознанного структурного знания, состоят в том, что осознанное оценочное знание может быть атрибутировано эмоциональным переживаниям (структурный эффект простого предьяв-

ления: Newell, Bright, 2001; Zizak, Reber, 2004), а точность ответов повышается, если испытуемых просить опираться на субъективные переживания, «довериться интуиции» (Kinder et al., 2003). Мы точно не знаем, какие из четырех типов знания подвержены эффекту вербализации. Однако можно ожидать, что он относится именно к ситуации неосознанного структурного и осознанного оценочного знания, так как необходимость вербализовывать свои решения может интерферировать с опорой на переживаемое оценочное знание.

3. *Осознанное структурное и неосознанное оценочное знание (автоматическое применение осознанного знания)*. Такая ситуация возможна, когда человек применяет осознанное знание, однако не знает о том, что оно релевантно актуальной задаче, и о том, что он его, собственно, применяет. Свойства этого типа очень похожи на свойства полностью неосознанного научения, однако структура применяемого знания воспринималась человеком на осознанном уровне: если предъявить ее испытуемому, он ее узнает. В качестве примеров можно привести интуитивное знание, демонстрируемое испытуемыми Пономарева (Пономарев, 1960, 1976), поведенческий прайминг в социальной психологии, подражание, а также автоматизмы. Эффект вербализации, проявляющийся в этом случае, можно объяснить иной причиной, нежели в предыдущем разделе: в таком типе научения негативные последствия имеет любое привлечение внимания к выполняемой деятельности (Wegner, 1994). Мы не можем ответить на вопрос о метакогнитивной чувствительности в таком научении (пункт 4 таблицы 2), так как соответствующих исследований не проводилось. Если предположить, что метакогнитивная чувствительность основывается на осознанном оценочном знании, можно выдвинуть гипотезу о ее отсутствии.

4. *Осознанное структурное и оценочное знание (полностью осознанное научение)*. Так происходит, когда человеку сообщаются истинные закономерности в окружающей среде или он сам их находит, при этом новая задача воспринимается как релевантная этим знаниям. В исследованиях имплицитного научения такой тип научения наблюдается иногда в экспериментах с научением искусственной грамматике, когда испытуемые осознают некоторые важные элементы правил грамматики (Dulany et al., 1984). Часто так происходит с использованием условной грамматики (малый набор правил по типу «если — то»: Shanks et al., 1997). Сюда же относятся случаи классификации с явным основанием (Waldron, Ashby, 2001).

Заключение

С момента открытия феномена имплицитного научения не утихают теоретические споры. Постоянно появляются эмпирические данные в поддержку диаметрально противоположных теорий. В такой ситуации главной целью исследователей должно стать переосмысление своих позиций, анализ причин, по которым развитие научной области идет экстенсивным путем. Данная статья имеет своей целью продвижение на пути решения этой задачи. В качестве ориентира для исследователей

имплицитного научения я предлагаю использовать подход Динеса и Скотта, так как он предоставляет удобный тезаурус и таксономию. Подход Динеса логически может быть расширен, чтобы включать в себя случаи, не рассмотренные автором, например, ненамеренное использование эксплицитного знания. Популярные подходы к имплицитному научению и соответствующие эмпирические данные могут быть отнесены к разным классам в этой расширенной таксономии. Различные типы знания обладают разными свойствами, некоторые из которых я привел выше, обобщив доступные эмпирические данные. Этот список, конечно, нужно дополнять в будущем.

Конечной целью на этом пути должно стать описание механизмов, обеспечивающих предложенную таксономию. На мой взгляд, механизм возникновения оценочного знания может быть предложен концепциями, рассматривающими познание как работу двух независимых когнитивных систем: например, имплицитной/эксплицитной, интуитивной/логической и т. д. (Ashby et al., 1998; Dienes, 2012; Allakhverdov, Gershkovich, 2010). Результат их работы должен сливаться, и сигналом о результате сличения могут быть описанные выше субъективные переживания (Allakhverdov, 2009; Chetverikov, 2014). Описание такого механизма — задача будущих исследований. В данной работе я ограничился обсуждением наблюдаемых феноменов и предложением классификации, которая, можно надеяться, поможет исследователям более четко категоризовать процессы научения, обнаруживаемые в их исследованиях, а значит — лучше понимать друг друга.

Литература

- Андрянинова Н. В. Устойчивые ошибки в процессе научения: особенности и возможности прогнозирования // Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 16: Психология. Педагогика. Том 16. № 4. С. 124–131.
- Белова С. С. Субъективная оценка интеллекта другого человека: эффект вербализаций // Социальный интеллект: теория, измерение, исследования. / Под ред. Д. В. Люпина, Д. В. Ушакова. Москва: ИПРАН, 2004. С. 39–62.
- Пономарев Я. А. Психология творчества. Москва: Наука, 1976.
- Пономарев Я. А. Психология творческого мышления. Москва: АПН РСФСР, 1960.
- Aarts H., Dijksterhuis A. The silence of the library: environment, situational norm, and social behavior // Journal of Personality and Social Psychology. 2003. Vol. 84. № 1. P. 18–28. doi: 10.1037/0022-3514.84.1.18
- Allakhverdov V. The role of consciousness in human cognitive activity // Psychology in Russia: State of the art. Scientific yearbook. 2009. P. 124–140.
- Allakhverdov V. M., Gershkovich V. A. Does Consciousness Exist? — In What Sense? // Integrative Psychological and Behavioral Science. 2010. Vol. 44. № 4. P. 340–347. doi: 10.1007/s12124-010-9133-8
- Ashby F. G., Alfonso-Reese L. A., Turken A. U., Waldron E. M. A neuropsychological theory of multiple systems in category learning // Psychological Review. 1998. Vol. 105. № 3. P. 442–481. doi: 10.1037/0033-295X.105.3.442
- Bargh J. The four horsemen of automaticity: Intention, awareness, efficiency, and control as separate issues // Handbook of social cognition. Vol. 1: Basic processes. / R. S. Wyer Jr., T. K. Srull (Eds.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1994. P. 1–40.

- Bargh J. A., Chen M., Burrows L. Automaticity of social behavior: Direct effects of trait construct and stereotype activation on action // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1996. Vol. 71. № 2. P. 230–244. doi: [10.1037/0022-3514.71.2.230](https://doi.org/10.1037/0022-3514.71.2.230)
- Berry D. C. (Ed.). *How implicit is implicit learning? Debates in psychology*. New York: Oxford University Press, 1997. doi: [10.1093/acprof:oso/9780198523512.001.0001](https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198523512.001.0001)
- Berry D., Dienes Z. *Implicit learning: Theoretical and empirical issues*. Hove, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1993.
- Berry D. C., Broadbent D. E. On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1984. Vol. 36. № 2. P. 209–231. doi: [10.1080/14640748408402156](https://doi.org/10.1080/14640748408402156)
- Bornstein R. F. Exposure and affect: Overview and meta-analysis of research, 1968–1987 // *Psychological Bulletin*. 1989. Vol. 106. № 2. P. 265–289. doi: [10.1037/0033-2909.106.2.265](https://doi.org/10.1037/0033-2909.106.2.265)
- Brooks L. R. Nonanalytic concept formation and memory for instances // *Cognition and concepts*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1978. P. 169–211.
- Buchner A. Indirect effects of synthetic grammar learning in an identification task // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1994. Vol. 20. № 3. P. 550–566. doi: [10.1037/0278-7393.20.3.550](https://doi.org/10.1037/0278-7393.20.3.550)
- Carver C. S., Ganelen R. J., Froming W. J., Chambers W. Modeling: An analysis in terms of category accessibility // *Journal of Experimental Social Psychology*. 1983. Vol. 19. № 5. P. 403–421. doi: [10.1016/0022-1031\(83\)90019-7](https://doi.org/10.1016/0022-1031(83)90019-7)
- Chan C. *Implicit cognitive processes: theoretical issues and applications in computer systems design*. PhD dissertation. University of Oxford, 1991.
- Chetverikov A. Warmth of familiarity and chill of error: Affective consequences of recognition decisions // *Cognition & Emotion*. 2014. Vol. 28. № 3. P. 385–415. doi: [10.1080/02699931.2013.833085](https://doi.org/10.1080/02699931.2013.833085)
- Cleeremans A. The radical plasticity thesis: how the brain learns to be conscious // *Frontiers in Psychology*. 2011. Vol. 2. № 86. P. 1–12. doi: [10.3389/fpsyg.2011.00086](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00086)
- Cleeremans A., Destrebecqz A., Boyer M. Implicit learning: News from the front // *Trends in Cognitive Sciences*. 1998. Vol. 2. № 10. P. 406–416. doi: [10.1016/S1364-6613\(98\)01232-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(98)01232-7)
- Destrebecqz A., Cleeremans A. Can sequence learning be implicit? New evidence with the process dissociation procedure // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2001. Vol. 8. № 2. P. 343–350. doi: [10.3758/BF03196171](https://doi.org/10.3758/BF03196171)
- Dienes Z. Conscious versus unconscious learning of structure // *Statistical learning and language acquisition: Vol. 1. / P. Rebuschat, J. Williams (Eds.)*. Boston/Berlin: Mouton de Gruyter Publishers, 2012. P. 337–364.
- Dienes Z., Altmann G. Transfer of implicit knowledge across domains: How implicit and how abstract // *How implicit is implicit learning? Debates in psychology. / D. Berry (Ed.)*. Oxford: Oxford University Press, 1997. P. 107–123. doi: [10.1093/acprof:oso/9780198523512.003.0005](https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198523512.003.0005)
- Dienes Z., Altmann G., Kwan L., Goode A. Unconscious knowledge of artificial grammars is applied strategically // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1995. Vol. 21. № 5. P. 1322–1338. doi: [10.1037/0278-7393.21.5.1322](https://doi.org/10.1037/0278-7393.21.5.1322)
- Dienes Z., Berry D. Implicit learning: Below the subjective threshold // *Psychonomic Bulletin & Review*. 1997. Vol. 4. № 1. P. 3–23. doi: [10.3758/BF03210769](https://doi.org/10.3758/BF03210769)
- Dienes Z., Perner J. A theory of the implicit nature of implicit learning // *Implicit learning and consciousness: An empirical, philosophical, and computational consensus in the making. / A. Cleeremans, R. French (Eds.)*. Psychology Press, 2002. P. 68–92.
- Dienes Z., Perner J. When knowledge is unconscious because of conscious knowledge and vice versa // *Proceedings of the twenty-third annual conference of the Cognitive Science Society*. 2001. P. 1–4.
- Dienes Z., Scott R. Measuring unconscious knowledge: Distinguishing structural knowledge and judgment knowledge // *Psychological Research*. 2005. Vol. 69. № 5-6. P. 338–351. doi: [10.1007/s00426-004-0208-3](https://doi.org/10.1007/s00426-004-0208-3)
- Doyen S., Klein O., Pichon C.-L., Cleeremans A. Behavioral priming: it's all in the mind, but whose mind? // *PloS one*. 2012. Vol. 7. № 1. P. e29081. doi: [10.1371/journal.pone.0029081](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029081)
- Dulany D. E. Consciousness in the explicit (deliberative) and implicit (evocative) // *Scientific approaches to the study of consciousness. / J. D. Cohen, J. W. Schooler (Eds.)*. New Jersey: Erlbaum, 1997. P. 179–212.
- Dulany D. E., Carlson R. A., Dewey G. I. A case of syntactical learning and judgment: How conscious and how abstract? // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1984. Vol. 113. № 4. P. 541–555. doi: [10.1037/0096-3445.113.4.541](https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.4.541)
- Fleming S. M., Lau H. C. How to measure metacognition // *Name: Frontiers in Human Neuroscience*. 2014. Vol. 8. № 443. doi: [10.3389/fnhum.2014.00443](https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00443)
- Frensch P. A., Lin J., Buchner A. Learning versus behavioral expression of the learned: The effects of a secondary tone-counting task on implicit learning in the serial reaction task // *Psychological Research*. 1998. Vol. 61. № 2. P. 83–98. doi: [10.1007/s004260050015](https://doi.org/10.1007/s004260050015)
- Gomez R. L., Schvaneveldt R. W. What is learned from artificial grammars? Transfer tests of simple association // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1994. Vol. 20. № 2. P. 396–410. doi: [10.1037/0278-7393.20.2.396](https://doi.org/10.1037/0278-7393.20.2.396)
- Gordon P. C., Holyoak K. J. Implicit learning and generalization of the “mere exposure” effect // *Journal of Personality and Social Psychology*. 1983. Vol. 45. № 3. P. 492–500. doi: [10.1037/0022-3514.45.3.492](https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.3.492)
- Hayes N. A., Broadbent D. E. Two modes of learning for interactive tasks // *Cognition*. 1988. Vol. 28. № 3. P. 249–276. doi: [10.1016/0010-0277\(88\)90015-7](https://doi.org/10.1016/0010-0277(88)90015-7)
- Higham P. A., Vokey J. R., Pritchard J. L. Beyond dissociation logic: Evidence for controlled and automatic influences in artificial grammar learning // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2000. Vol. 129. № 4. P. 457–470. doi: [10.1037/0096-3445.129.4.457](https://doi.org/10.1037/0096-3445.129.4.457)
- Jacoby L. L., Dallas M. On the relationship between autobiographical memory and perceptual learning // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1981. Vol. 110. № 3. P. 306–340. doi: [10.1037/0096-3445.110.3.306](https://doi.org/10.1037/0096-3445.110.3.306)
- Jiang Y., Leung A. W. Implicit learning of ignored visual context // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2005. Vol. 12. № 1. P. 100–106. doi: [10.3758/BF03196353](https://doi.org/10.3758/BF03196353)
- Jiménez L., Vázquez G. A. Sequence learning under dual-task conditions: Alternatives to a resource-based account // *Psychological Research*. 2005. Vol. 69. № 5-6. P. 352–368. doi: [10.1007/s00426-004-0210-9](https://doi.org/10.1007/s00426-004-0210-9)
- Kinder A., Shanks D. R., Cock J., Tunney R. J. Recollection, fluency, and the explicit/implicit distinction in artificial grammar learning // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2003. Vol. 132. № 4. P. 551–565. doi: [10.1037/0096-3445.132.4.551](https://doi.org/10.1037/0096-3445.132.4.551)
- Knowlton B. J., Squire L. R., Paulsen J. S., Swerdlow N. R., Swenson M. Dissociations within nondeclarative memory in Huntington's disease // *Neuropsychology*. 1996. Vol. 10. № 4. P. 538–548. doi: [10.1037//0894-4105.10.4.538](https://doi.org/10.1037//0894-4105.10.4.538)
- Lewicki P., Czyzewska M., Hoffman H. Unconscious acquisition of complex procedural knowledge // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1987. Vol. 13. № 4. P. 523–530. doi: [10.1037//0278-7393.13.4.523](https://doi.org/10.1037//0278-7393.13.4.523)
- Lewicki P., Hill T., Czyzewska M. Hidden covariation detection: A fundamental and ubiquitous phenomenon // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1997. Vol. 23. № 1. P. 221–228. doi: [10.1037/0278-7393.23.1.221](https://doi.org/10.1037/0278-7393.23.1.221)
- Mangan B. The conscious “fringe”: Bringing William James up to date // *Essential sources in the scientific study of consciousness. / J. N. B. Baars W. P. Banks (Ed.)*. Cambridge, MA: MIT Press, 2003. P. 741–759.
- Mealor A., Dienes Z. No-loss gambling shows the speed of the unconscious // *Consciousness and Cognition*. 2012. Vol. 21. № 1. P. 228–237. doi: [10.1016/j.concog.2011.12.001](https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.12.001)
- Newell B. R., Bright J. E. The relationship between the structural mere exposure effect and the implicit learning process // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A*. 2001. Vol. 54. № 4. P. 1087–1104. doi: [10.1080/02724980042000525](https://doi.org/10.1080/02724980042000525)

- Newell B. R., Shanks D. R. Prime numbers: Anchoring and its implications for theories of behavior priming // *Social Cognition*. 2014. Vol. 32. Supplement. P. 88–108. doi: [10.1521/soco.2014.32.suppl.88](https://doi.org/10.1521/soco.2014.32.suppl.88)
- Nissen M. J., Bullemer P. Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures // *Cognitive Psychology*. 1987. Vol. 19. № 1. P. 1–32. doi: [10.1016/0010-0285\(87\)90002-8](https://doi.org/10.1016/0010-0285(87)90002-8)
- Norman E., Price M. C., Duff S. C. Fringe consciousness in sequence learning: The influence of individual differences // *Consciousness and Cognition*. 2006. Vol. 15. № 4. P. 723–760. doi: [10.1016/j.concog.2005.06.003](https://doi.org/10.1016/j.concog.2005.06.003)
- Norman E., Price M. C., Duff S. C., Mentzoni R. A. Gradations of awareness in a modified sequence learning task // *Consciousness and Cognition*. 2007. Vol. 16. № 4. P. 809–837. doi: [10.1016/j.concog.2007.02.004](https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.02.004)
- Peigneux P., Meulemans T., Van der Linden M., Salmon E., Petit H. Exploration of implicit artificial grammar learning in Parkinson's disease // *Acta Neurologica Belgica*. 1999. Vol. 99. P. 107–117.
- Perruchet P. Implicit learning // *Cognitive psychology of memory*. Vol. 2 of Learning and memory: A comprehensive reference. Oxford: Elsevier, 2008. P. 597–621.
- Perruchet P., Pacteau C. Synthetic grammar learning: Implicit rule abstraction or explicit fragmentary knowledge? // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1990. Vol. 119. № 3. P. 264–275. doi: [10.1037/0096-3445.119.3.264](https://doi.org/10.1037/0096-3445.119.3.264)
- Perruchet P., Vinter A. The Self-Organizing Consciousness // *Behavioral and Brain Sciences*. 2002. Vol. 25. № 3. P. 297–388.
- Price M. C., Norman E. Intuitive decisions on the fringes of consciousness: Are they conscious and does it matter // *Judgment and Decision Making*. 2008. Vol. 3. № 1. P. 28–41.
- Reber A. Implicit learning and tacit knowledge: An essay on the cognitive unconscious. New York: Oxford University Press, 1993.
- Reber A. S. Implicit learning of synthetic languages: The role of instructional set // *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*. 1976. Vol. 2. № 1. P. 88–94. doi: [10.1037/0278-7393.2.1.88](https://doi.org/10.1037/0278-7393.2.1.88)
- Reber A. S. Implicit learning of artificial grammars // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1967. Vol. 6. № 6. P. 855–863. doi: [10.1016/S0022-5371\(67\)80149-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(67)80149-X)
- Reber P. J., Squire L. R. Intact learning of artificial grammars and intact category learning by patients with Parkinson's disease // *Behavioral Neuroscience*. 1999. Vol. 113. № 2. P. 235–242. doi: [10.1037/0735-7044.113.2.235](https://doi.org/10.1037/0735-7044.113.2.235)
- Reber P. J., Squire L. R. Encapsulation of implicit and explicit memory in sequence learning // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 1998. Vol. 10. № 2. P. 248–263. doi: [10.1162/089892998562681](https://doi.org/10.1162/089892998562681)
- Scott R. B., Dienes Z. Knowledge applied to new domains: The unconscious succeeds where the conscious fails // *Consciousness and Cognition*. 2010. Vol. 19. № 1. P. 391–398. doi: [10.1016/j.concog.2009.11.009](https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.11.009)
- Scott R. B., Dienes Z. The conscious, the unconscious, and familiarity // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2008. Vol. 34. № 5. P. 1264–1288. doi: [10.1037/a0012943](https://doi.org/10.1037/a0012943)
- Shanks D. R., Johnstone T., Staggs L. Abstraction processes in artificial grammar learning // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. Section A: Human Experimental Psychology*. 1997. Vol. 50. № 1. P. 216–252. doi: [10.1080/713755680](https://doi.org/10.1080/713755680)
- Shanks D. R., St John M. F. Characteristics of dissociable human learning systems // *Behavioral and Brain Sciences*. 1994. Vol. 17. № 03. P. 367–395. doi: [10.1017/S0140525X00035032](https://doi.org/10.1017/S0140525X00035032)
- Shanks D. R., Wilkinson L., Channon S. Relationship between priming and recognition in deterministic and probabilistic sequence learning // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2003. Vol. 29. № 2. P. 248–261. doi: [10.1037/0278-7393.29.2.248](https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.2.248)
- Singley M. K., Anderson J. R. The transfer of cognitive skill. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989.
- Smith J., Siebert R. J., McDowall J., Abernethy D. Preserved implicit learning on both the serial reaction time task and artificial grammar in patients with Parkinson's disease // *Brain and Cognition*. 2001. Vol. 45. № 3. P. 378–391. doi: [10.1006/brcg.2001.1286](https://doi.org/10.1006/brcg.2001.1286)
- Tunney R. J. Sources of confidence judgments in implicit cognition // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2005. Vol. 12. № 2. P. 367–373. doi: [10.3758/BF03196386](https://doi.org/10.3758/BF03196386)
- Tunney R. J., Shanks D. R. Subjective measures of awareness and implicit cognition // *Memory & Cognition*. 2003. Vol. 31. № 7. P. 1060–1071. doi: [10.3758/BF03196127](https://doi.org/10.3758/BF03196127)
- Waldron E. M., Ashby F. G. The effects of concurrent task interference on category learning: Evidence for multiple category learning systems // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2001. Vol. 8. № 1. P. 168–176. doi: [10.3758/BF03196154](https://doi.org/10.3758/BF03196154)
- Wegner D. M. Ironic processes of mental control // *Psychological Review*. 1994. Vol. 101. № 1. P. 34–52. doi: [10.1037/0033-295X.101.1.34](https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.1.34)
- Whittlesea B. W., Dorken M. D. Implicit learning: Indirect, not unconscious // *Psychonomic Bulletin & Review*. 1997. Vol. 4. № 1. P. 63–67. doi: [10.3758/BF03210775](https://doi.org/10.3758/BF03210775)
- Wilkinson L., Shanks D. R. Intentional control and implicit sequence learning // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2004. Vol. 30. № 2. P. 354–369. doi: [10.1037/0278-7393.30.2.354](https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.2.354)
- Winter B., Reber A. S. Implicit learning and the acquisition of natural languages // *Implicit and explicit learning of languages*. / N. C. Ellis (Ed.). London: Academic Press, 1994. P. 115–145.
- Zizak D. M., Reber A. S. Implicit preferences: The role(s) of familiarity in the structural mere exposure effect // *Consciousness and Cognition*. 2004. Vol. 13. № 2. P. 336–362. doi: [10.1016/j.concog.2003.12.003](https://doi.org/10.1016/j.concog.2003.12.003)

Ментальный лексикон: где же место морфологии?

Мария Васильева

Кафедра теоретической и прикладной лингвистики, филологический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Репрезентация морфологии в ментальном лексиконе является одной из актуальных проблем современной психолингвистики. В данной работе делается попытка дать максимально исчерпывающий обзор моделей ментального лексикона, в которых отражена морфемная структура слова, а также поведенческих методик, направленных на проверку данных моделей. Поскольку на данный момент ни одна из моделей не является общепризнанной, мы приведем некоторые основные эффекты, связанные с морфологией, которые были получены в экспериментальных исследованиях и объяснение которых должно быть заложено в идеальную модель.

Контактная информация: linellea@yandex.ru, Ленинские горы, ГСП-1, МГУ имени М. В. Ломоносова, 1-й корпус гуманитарных факультетов (1-й ГУМ), филологический факультет, 119991 Москва, Россия.

Ключевые слова: ментальный лексикон, морфемная структура слова, психолингвистика

© 2014 Мария Васильева. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Автор выражает благодарность М. В. Фаликман, О. В. Федоровой, а также двум анонимным рецензентам за ценные замечания и предложения.

Статья поступила в редакцию 28 сентября 2014 г. Принята в печать 23 декабря 2014 г.

Введение

Ментальный лексикон (англ. *mental lexicon*), далее — МЛ, как понятие, по-видимому, восходит к термину *ментальный словарь* (англ. *mental dictionary*), предложенному Э.Трейсман в ее неопубликованной диссертации ((Treisman, 1961), цит. по (Coltheart et al., 2001)) для обозначения хранилища слов с их значениями в памяти человека. Если следовать метафоре словаря, то в МЛ должны быть свои «словарные входы» и «словарные статьи», в которых содержались бы сведения о произношении, написании, значении и грамматических характеристиках слова, которые активировались бы, когда человек читает или слышит определенное слово. К сожалению, неудобство переноса устройства словаря на МЛ состоит в том, что единица словаря — лексема, являющаяся абстракцией от своих словоформ, — непосредственно не наблюдается в речи. Поэтому встает вопрос, какие значимые языковые единицы хранятся в МЛ: словоформы, морфемы или же и те, и другие, а также как осуществляется доступ к словарной статье МЛ. Кроме того, исследователю МЛ важно понимать, как организовано само хранение языковых единиц, связаны ли они каким-нибудь образом между собой. Если при ответе на второй вопрос большинство склоняется к устройству МЛ по принципу семан-

тической сети, в узлах которой располагаются языковые единицы, то при ответе на первый круг вопросов до сих пор не было выработано единой точки зрения.

В первой главе данного обзора представлены различные варианты того, как в МЛ может быть репрезентирована морфемная структура слова. Во второй главе рассматриваются основные поведенческие методики, нацеленные на изучение строения МЛ и доступа к нему. В третьей главе приводятся результаты исследований с применением этих методик и обсуждение их в свете описанных моделей.

Модели ментального лексикона

В первой части этой главы будут рассмотрены ранние модели МЛ (модель лексического поиска, логогенная модель, модель интерактивной активации), в которых репрезентации морфологии уделялось сравнительно мало внимания. Во второй части главы мы перейдем к рассмотрению собственно морфологически ориентированных моделей МЛ.

Хранение и опознание мономорфемных слов в ментальном лексиконе

Модель лексического поиска

Модель лексического поиска (англ. *lexical search model*), разработанная К. Форстером (Forster, 1976), предполагает, что в памяти человека для каждого слова хранятся несколько репрезентаций: фонологический облик, графический облик, значение, а также основная грамматическая информация (частеречная принадлежность). Параллельно с этими репрезентациями в отдельном «файле» хранятся единицы доступа к МЛ: орфографические репрезентации слова для чтения, фонологические репрезентации для восприятия речи на слух и семантико-синтаксические репрезентации для порождения речи и письма. Каждая репрезентация в файле, хранящем единицы доступа, связана с основными репрезентациями лексических единиц МЛ.

Данная модель была наиболее подробно разработана на уровне файлов доступа для орфографических репрезентаций. По Форстеру, орфографические репрезентации в файле единиц доступа организованы согласно форме и частотности слова: слова, у которых на одних и тех же местах находятся одинаковые буквы, будут храниться вместе в специальных подфайлах. Например, для английского языка в одном подфайле с меткой *sp###* (знак решетки в данном случае обозначает любую букву, количество решеток соответствует количеству букв, различному для всех слов этого подфайла) будут храниться слова: *spade* 'лопата', *spank* 'хлопок', *spoil* 'портить', *speed* 'скорость' и т.д. Репрезентации, являющиеся единицами доступа, хранятся в порядке убывания частотности.

Когда человек видит слово, сначала происходит извлечение информации о его написании. Затем запускается циклический процесс поиска, начиная с наиболее частотных слов и постепенно двигаясь до искомого по убыванию частотности. В процессе поиска происходит сравнение репрезентаций, хранящихся в файле, и графического облика слов. Когда они совпадают, открывается доступ к основному хранилищу. Подобный частотно-ориентированный поиск объясняет, почему частотные слова распознаются быстрее низкочастотных слов.

Поскольку у каждого слова есть два вида репрезентаций (для доступа и для хранения), то в файле с единицами доступа могут храниться только частичные репрезентации. Например, для слова *rhinoceros* 'носорог', с точки зрения автора данной модели, достаточно хранить только сегмент *rhin*. Это согласуется с экспериментальными данными о восприятии слов на слух: слова распознаются в тот момент, когда они становятся отличимыми от других слов, хранящихся в МЛ, то есть в тот момент, когда была достигнута точка распознавания (англ. *recognition point*) (Marslen-Wilson, 1989). Концепция частичной репрезентации также основывается на том факте, что желательным свойством любой системы обработки языковой информации является

очень быстрый доступ к МЛ по увиденному слову. Иначе, при медленной обработке читателю было бы сложно следить за сообщением.

В качестве кандидатов в частичные репрезентации наряду с традиционными единицами, такими как корень и первый слог слова (Taft, Forster, 1976), рассматривалась единица, не выделявшаяся ранее в традиционной лингвистике, *базовая орфографическая слоговая структура* (англ. *basic orthographic syllabic structure*), или сокращенно БОСС (BOSS) (Taft, 1979a). М. Тафт определяет БОСС как группу идущих подряд букв слова, начиная с первой буквы корня и кончая кластером согласных, следующих за первой гласной корня. При этом получившаяся единица должна образовывать хотя бы *псевдослово*, то есть подчиняться типичным орфографическим правилам данного языка и легко читаться, но ей необязательно быть семантически осмысленной. Так, например, для слов *lantern* 'фонарь' и *rhubarb* 'ревень' БОССами являются цепочки букв *lant* и *rhub* соответственно. Из примеров видно, что БОССы не обязаны совпадать ни с корневой морфемой, ни с первым слогом.

Логогенная модель

Логогенная модель опознания слова (англ. *logogen model*) (Morton, 1969, 1970) подразумевает одновременное хранение полной лексической информации и отдельных репрезентаций слова, предназначенных для доступа к МЛ. В данной модели выделяются два компонента: *логогенная система*, соответствующая уровню доступа, и *когнитивная система*, соответствующая уровню хранения полной лексической информации. Как и Форстер, Дж. Мортон уделяет основное внимание проблеме доступа к МЛ и почти не акцентируется на строении когнитивной системы.

Логогенная система, обеспечивающая доступ к МЛ, состоит из *логогенов* (англ. *logogen*), как видно из ее названия. Активация логогена является пассивной ответной реакцией на стимульное воздействие. Как только информация, хранящаяся в логогене (фонологическая / семантическая / морфологическая), совпадает с частью стимула, происходит увеличение уровня активации языковой единицы. Кроме того, в логогене учитываются сведения о частотности слова и наиболее распространенных контекстах, в которых данное слово встречается.

Каждый логоген характеризуется специфическим критическим порогом активации, соответствующим тому объему активации, который необходим для опознания слова. Порог тем меньше, чем слово частотнее. Как только происходит полное совпадение информации, содержащейся в слове-стимуле, и информации, хранящейся в логогене, достигается необходимый порог активации для доступа к когнитивной системе. Поскольку логогенная система активируется пассивно, то процесс активации задействует одновременно все логогены, в отличие от модели лексического поиска, в которой за единицу времени доступ предоставляется только к одной репрезентации слова.

Модель интерактивной активации

Модель интерактивной активации (англ. *interactive-activation model*), разработанная Дж. МакКлелландом и Д. Румельхартом (McClelland, Rumelhart, 1981) в рамках *коннекционизма*¹, предполагает несколько уровней репрезентации языковой информации: уровень отдельных признаков (тех элементов, из которых составлены буквы: например, для буквы «н» — это две вертикальные («|») и одна горизонтальная («-») линии), уровень букв и уровень слов (при восприятии цепочки букв все буквы обрабатываются параллельно и одновременно). Каждой воспринимаемой единице соответствует свой узел на каждом уровне. Узлы могут быть связаны друг с другом, то есть быть «соседями»: тогда между ними устанавливаются отношения, замедляющие активацию, если между ними нет непосредственной связи, или возбуждающие, если связь есть. Активация одного узла ведет к активации соседних узлов. Но нисходящее и восходящее взаимодействие возможно только между смежными уровнями.

Уровень активации словесной репрезентации вычисляется как функция двух переменных: частотности слова и степени сходства его графического облика с графическими обликами других слов. Чем выше уровень активации одного слова, тем сильнее он может подавлять активацию репрезентаций других слов.

Согласно коннекционистскому подходу, система связей в лексической системе является следствием частой совместной встречаемости определенных структур в языке (Sandra, 1994). Если некоторые перцептивные единицы (например, буквы) часто встречаются вместе, то связи между ними будут тем сильнее, чем чаще они употребляются рядом. Так, связи между буквенными репрезентациями, которые образуют кластер, будут сильнее, чем связи между буквами, которые редко следуют друг за другом на письме в данном языке. То же правило действует и для единиц разных уровней. Например, если некоторая последовательность букв чаще выполняет определенную функцию или выражает определенное значение, то связи между этой последовательностью букв и этой функцией / этим значением будут активированы скорее, чем связи-конкуренты.

Морфология в ментальном лексиконе

Большинство моделей, описывающих потенциальную архитектуру МЛ, не проводит различия между словоизменительной и словообразовательной морфологией, если не оговорено противного.

Цельнословное хранение

Гипотезу о хранении многоморфемных слов в МЛ целиком (англ. *full listing account*) и, соответственно, цельнословном доступе к нему приписывают Б. Батеруорту

¹ Коннекционизм (англ. *connectionism*) — один из подходов в когнитивной науке, направленных на моделирование человеческого познания, при котором ментальные явления описываются при помощи сети связанных между собой простых элементов.

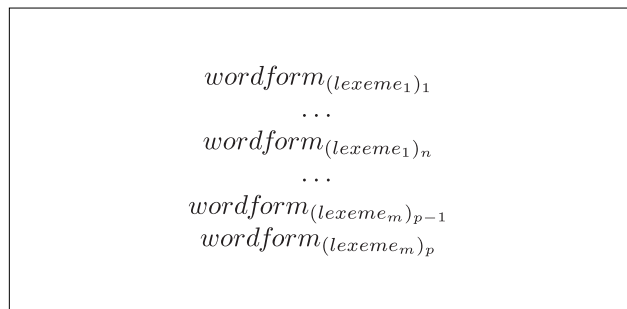


Рисунок 1. Модель независимых входов на основе (Manelis, Tharp, 1977)

(Butterworth, 1983; см., например, введения в работах Dohmes et al. (2004); Longtin, Meunier (2005); Kazanina et al. (2008) и т. д.). Частным случаем цельнословного подхода является *гипотеза независимых входов* (англ. *independent unit hypothesis*) (Manelis, Tharp, 1977), согласно которой слово, состоящее из нескольких морфем, имеет собственный независимый лексический вход, как и мономорфемные слова, а доступность входа обуславливается частотностью данной словоформы (см. рисунок 1). Однокоренные слова и формы одного слова при этом связаны в той же степени, что и любые другие слова.

Морфемная структура слова специально не отражена также и в коннекционистских моделях МЛ (Seidenberg, 1987; Plaut, Gonnerman, 2000; McClelland, Patterson, 2002), где она является лишь неизбежным побочным эффектом усвоенных системных отношений между планом содержания и планом выражения.

Другой вариант хранения многоморфемных слов целиком подразумевает установление особых связей между однокоренными словами или формами одного слова, что может быть реализовано на уровне целых словоформ, так и отдельных фонем/графем. В первом случае связи между словоформами одного слова подразумевают *парадигматическую организацию* МЛ. Ее частным случаем является *гипотеза спутникового устройства ментального лексикона*² (англ. *satellite entries hypothesis*), которая разрабатывалась изначально как модель представления падежной системы (Lukatela et al., 1980). Предполагается, что хотя все словоформы лексем имеют свой отдельный вход, они хранятся в виде кластера. В его центре находится форма номинатива единственного числа, который функционирует как ядро репрезентации существительного и аккумулирует информацию о частотности. Косвенные же падежи не имеют своей частотной характеристики и группируются, как спутники, вокруг ядра. Л. Б. Фельдман и К. Фаулер (Feldman, Fowler, 1987) дополнили эту модель, охарактеризовав связи между словоформами (см. рисунок 2). Согласно их концепции, ядро связано теснее со своими спутниками, чем спутники между собой. За счет этого при активации ядра происходит активация спутников, и, наоборот, при активации одного из спутников активируется ядро. Однако при активации одного из спутников активация других спутников либо не произойдет вовсе, либо будет очень слабой.

² Перевод предложен И.А. Секериной (1997).

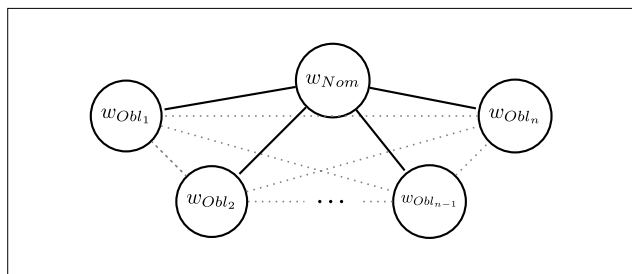


Рисунок 2. Сателлитная модель на основе (Feldman, Fowler, 1987) (примечание: здесь и в следующем рисунке $\{w_n\}$ соответствуют словоформам одной лексемы; Nom – номинатив, $\{Obl_n\}$ — косвенные падежи)

Теоретически сателлитное устройство возможно и при наличии частотных характеристик у всех словоформ, что предлагалось для валлийского словоизменения существительных с чередованием начальных согласных (*мутациями*) (Boyce et al., 1987). В их модели все формы слова, как исходная (немутированная), так и другие (мутированные), связаны друг с другом связями одной силы (см. рисунок 2). Сателлитного устройства словообразовательной морфологии, насколько известно автору, в литературе не представлено.

Второй способ установления связей между словами был предложен Дж. Байби (Bybee, 1985; 1995). Согласно ее концепции, словоформы, хранящиеся в словаре, связаны друг с другом благодаря наборам установленных лексических отношений идентичности и сходства фонологических и семантических признаков. За счет такого способа представления информация о морфемной структуре слова вырисовывается сама собой, хотя сами словоформы на морфемы специально не поделены. Лексические отношения между словами могут различаться по своей силе в зависимости от частотности, а также от типа и количества общих признаков. Более слабые семантические связи, как правило, наблюдаются между нерегулярными формами одного слова (например, англ. *bring* ‘принести’ — *brought* ‘принес’). На основе групп слов со сходными паттернами семантических и фонологических отношений возникают обобщения, или *схемы*, которые затем могут применяться для анализа и построения новых слов.

В целом, подход к словоизменительной морфологии, при котором как регулярные, так и нерегулярные формы слова хранятся в памяти целиком (Bybee, 1995; McClelland, Patterson, 2002), в рамках исследований ментальной грамматики получил название *односистемного*.

Несмотря на такие достоинства, как целнословный доступ, который принято считать менее затратным по сравнению с морфемным анализом, и сравнительно

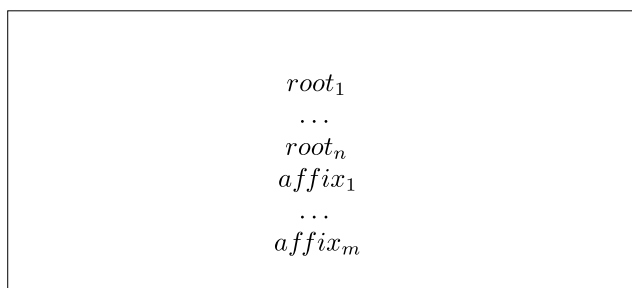


Рисунок 4. Деривационная гипотеза на основе (McKay, 1978)

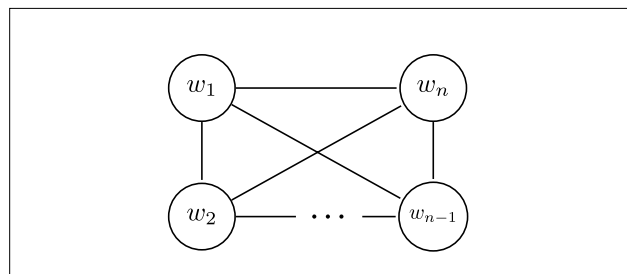


Рисунок 3. Сателлитная модель на основе (Boyce et al., 1987)

меньшее количество правил ментальной грамматики по сравнению с другими подходами, модели, подразумевающие отдельные вхождения для каждой словоформы, не являются оптимальными с точки зрения объема хранящейся информации (все дериваты всех корней и все формы одного слова).

Поморфемное хранение

Альтернатива неэкономного хранения всех возможных дериватов одного корня — хранить только морфемы. Но тогда встает вопрос, хранятся ли все морфемы отдельными списками или морфемы, которые могут встретиться друг с другом в пределах одного слова, связаны в МЛ особыми связями. В первом случае речь идет о *деривационной гипотезе* (англ. *derivational hypothesis*) (McKay, 1978), которая подразумевает, что морфемы хранятся без связей между собой (см. рисунок 4), а за их правильное склеивание в рамках одного слова отвечают специальные правила ментальной грамматики. В пользу хранения морфем говорят оговорки типа перестановки двух морфем или неправильной локализации морфемы в речи (например, англ. *point outed* вместо *pointed out* ‘указал’) (Downing, 1977). Недостатком поморфемного хранения языковой информации является перегруженность ментальной грамматики правилами, которые бы описывали корректное соединение морфем в единую словоформу, а также правилами, которые бы отвечали за вычисление значения слова из значений корня и присоединяющихся к нему аффиксов. Если бы в семантике соблюдался *принцип композициональности*, требующий, чтобы значение суммы частей складывалось из суммы значений соответствующих частей, то значение слова всегда можно было бы вывести из суммы значений составляющих его морфем. Однако словообразовательные аффиксы часто склонны нарушать этот принцип, ср., например, англ. *department* ‘отделение, кафедра’ и *government* ‘правительство’ с *depart* ‘отправляться, отступать’ и *govern* ‘управлять, руководить’ (Marslen-Wilson et al., 1994).

Другое слабое место данной гипотезы связано с опознанием псевдоаффиксальных слов³ (ср. *re-* как элемент корня в англ. *relish* ‘наслаждаться’ и *re-* как приставку в *reread* ‘перечитывать’). Если морфемный анализатор, обеспечивающий доступ к МЛ, действуя слепо, выделяет в слове все возможные аффиксы, для псевдоаффиксальных слов приходится предполагать ложную морфемную декомпозицию, не выделяющую существующего корня или выделяющую незарегистрированное

³ Под *псевдоаффиксальным* словом понимается такое слово, некоторая часть которого случайно совпадает с существующим в языке аффиксом.

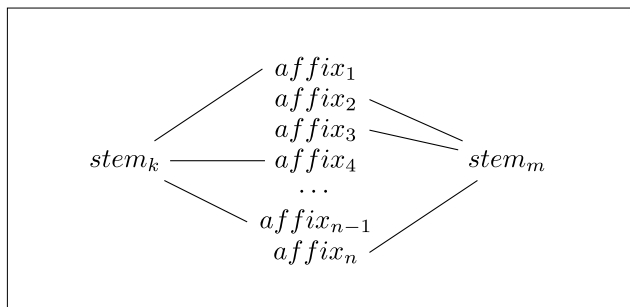


Рисунок 5. Модель «основа+аффикс» на основе (Bradley, 1980)

сочетание морфем, а затем дополнительную процедуру реанализа. Такое решение, не представляющееся оптимальным с точки зрения затрат при доступе, было отражено в гипотезе обязательного отделения приставки (англ. *prefix-stripping hypothesis*), разработанной в рамках модели лексического поиска (Taft, Forster, 1975; Taft, 1981). В этой модели также реализовано обязательное отделение словоизменительного, но не словообразовательного суффикса (Taft, 1979b).

Уменьшить излишнюю нагрузку на ментальную грамматику, являющуюся следствием деривационной гипотезы, призвано введение дополнительных связей между морфемами, образующими существующие слова, в модели *основа+аффикс* (англ. *stem+affix model*) (Bradley, 1980) (см. рисунок 5), а также целостное хранение семантически непрозрачных комплексов (Marslen-Wilson et al., 1994).

Поскольку словоизменительные аффиксы в отличие от словообразовательных характеризуются относительно широкой сочетаемостью, относительной регулярностью и предсказуемостью значения, для них декомпозиция и отдельное хранение являются более правдоподобными. Соответственно, возникают модели, где словообразовательные дериваты хранятся целиком, а формы слова — в «разобранном» виде. Такой подход реализован для финского языка в рамках модели SAID (англ. *Stem Allomorph / Inflectional Decomposition* — декомпозиция по границе основы и окончания), где предусмотрен морфемный анализ для словоизменительной морфологии, но не словообразовательной (Huõnä et al., 1995).

Для нерегулярных форм слова при поморфемном хранении приходится предполагать цельное хранение в виде исключения либо вводить особые нелинейные правила, оперирующие чередованиями. В первом случае речь идет о так называемом *двухсистемном* подходе, при котором правильные и неправильные формы относятся к разным уровням хранения и обработки языка (Pinker, 1999; Huang, Pinker, 2010). Нерегулярные формы, как и при односистемном подходе, хранятся в памяти целиком, а регулярные формы образуются по специальным правилам ментальной грамматики. Во втором случае имеется в виду *модель конкуренции правил* (англ. *rule competition model*) Ч. Янга (Yang, 2002).

⁴ В данном случае основа понимается не в лингвистическом смысле (часть слова без словоизменительных показателей), а как некоторая далее неделимая часть слова, несущая на себе лексическое значение и присоединяющая к себе различные аффиксы. Она совпадает с корнем или с последовательностью нескольких морфем, образующих семантически непрозрачный комплекс.

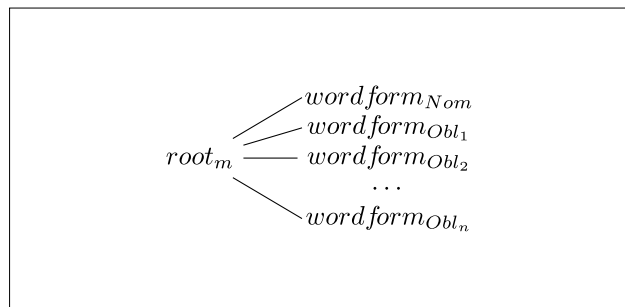


Рисунок 6. Кластерная модель на основе (Feldman, Bentin, 1994; Deutsch, Meir, 2011)

Кластерные модели

Гибридом поморфемного и цельнословного хранения выступают кластерные модели, в которых хранятся как все дериваты одного корня, так и сам корень, но не отдельные аффиксы. В частичном виде эта гипотеза представлена в работе Р. Станнерса с коллегами (Stanners et al., 1979), согласно которой доступ к английским приставочным дериватам, хранящимся целиком, осуществляется только после морфемного анализа. Модель П. Коле и коллег (Colé et al., 1986; Colé et al., 1989), разрабатывавшаяся для французского языка, предполагала линейную обработку слова слева направо, при которой приставочные слова опознаются целиком (в таком случае активация корня происходит после доступа к МЛ), а в суффиксальных словах, наоборот, доступ осуществляется после выделения корня при морфемной декомпозиции.

В чистом виде кластерная модель предлагается для иврита, где словообразовательные и словоизменительные производные группируются вокруг своего корня (Feldman, Bentin, 1994; Deutsch, Meir, 2011) (см. рисунок 6).

Двухуровневые модели морфологии

В двухуровневых⁵ моделях постулируется сосуществование уровня морфем и уровня слов, связанных между собой специальными связями. Основные различия между этими моделями кроются в выборе ключа доступа к МЛ (комплекс выделенных с помощью морфемного анализа морфем и/или целое слово), а также расположение уровня морфем и уровня слов относительно семантического уровня.

Двухуровневые модели с двумя типами доступа. В модели *расширенной адресной морфологии* (англ. *Augmented Addressed Morphology, ААМ*) цельнословное опознание осуществляется для знакомых слов, а морфемный анализ — для незнакомых слов (Caramazza et al., 1988) (см. рисунок 7). В более поздней версии той же модели сфера действия морфемного анализа была расширена до частотных аффиксов, редко встречающихся в псевдоаффиксальных словах (Laudanna et al., 1994).

Модель *морфологических скачек* (англ. *Morphological Race Model*) предполагает, что при опознании слова параллельно запускаются два процесса: один отвечает за построение словоформы напрямую из орфо-

⁵ Двухуровневыми мы называем модели, в которых информация о морфемном строении слова дублируется на двух связанных друг с другом уровнях. Всего уровней при такой архитектуре может быть гораздо больше.

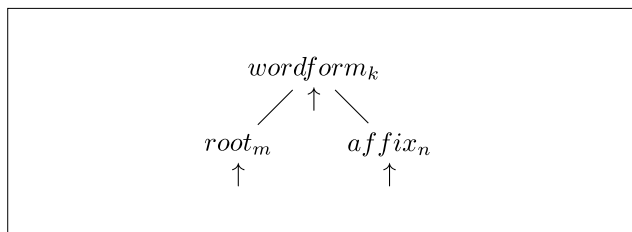


Рисунок 7. Модели с двумя типами доступа на основе (Caramazza et al., 1988; Frauenfelder, Schreuder, 1992; Laudanna et al., 1994; Schreuder, Baayern, 1995) (примечание: здесь и далее единицы, служащие для доступа к МЛ, указаны стрелочками)

графических (или фонологических) единиц и поиск ее значения на семантическом уровне, а другой сначала выделяет из цепочки букв (звуков) морфемы, а затем пробует получить из значений этих морфем интерпретацию всего слова (Frauenfelder, Schreuder, 1992). В зависимости от того, на какой из двух процессов уйдет меньше времени (если оставаться в рамках метафоры скачек, кто первый прибежал), доступ к МЛ будет целнословным или за счет морфем. Но в любом случае слово будет опознано максимально быстро, что является значительным достоинством в особенности для понимания устной речи. Однако такая модель требует очень много ресурсов как для хранения языковой информации, так и для ее обработки.

В качестве компромисса между экономией ресурсов и скоростью доступа можно рассматривать модель, в которой два типа репрезентаций хранятся только для частотных слов (Schreuder, Baayern, 1995).

Двухуровневые модели с одним типом доступа.

Двухуровневые модели с одним типом доступа возникли как попытки ввести в модель интерактивной активации морфемный уровень, который можно было поместить непосредственно после орфографического и/или фонологического уровней до уровня слов либо между уровнем целых слов и семантическим уровнем. Модели первого типа принято называть *сублексическими* (англ. *sublexical models*), а модели второго типа — *супралексическими* (англ. *supralexical models*).

При сублексическом подходе при опознании сначала осуществляется морфемный анализ, а затем выделенные морфемы при наличии связей между ними обратно объединяются в целостную единицу, у которой прописано свое значение на семантическом уровне (Taft, 1994) (см. рисунок 9). Благодаря такой архитектуре не возникает противоречия между обязательной декомпозицией и некопозициональным значением семантически непрозрачных комплексов. Кроме того, поскольку отдельные морфемы также имеют свои узлы со значением на семантическом уровне, то обработка незнакомых слов, содержащих незнакомые единицы, будет успешной. При сублексической модели допускается ошибочное разложение на морфемы псевдоаффиксальных слов, однако оно качественно отличается от сходного процесса в модели лексического поиска. В последней процедура морфемного анализа является линейной слева направо, а целнословный реанализ начинается только после того, как после декомпозиции не было найдено соответствующего слова. В сублексической модели, напротив, одновременно активируется как представление целого псевдоаффиксального слова,

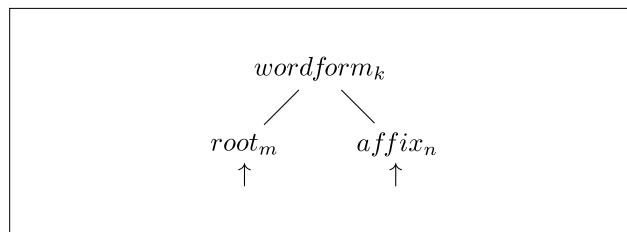


Рисунок 8. Сублексическая модель на основе (Taft, 1994)

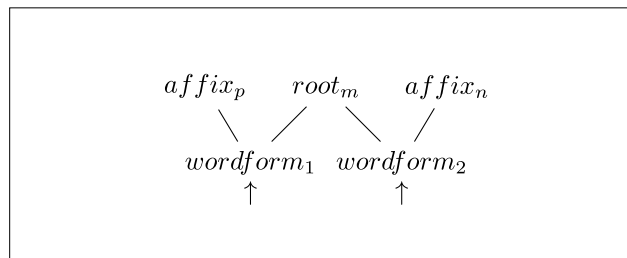


Рисунок 9. Супралексическая модель на основе (Giraud, Grainger, 2000; Giraud, 2005)

так и выделенных в нем морфем. Например, при анализе английского слова *corner* ‘угол’ (внешне первая часть этого слова похожа на однокоренное слово *corn* ‘кукуруза’, а вторая — на суффикс *-er*) одновременно активируются три возможных единицы: *corner*, *corn* и *-er*, что приводит к конкуренции между первыми двумя, а затем к победе первой из них.

В *супралексической модели* (Giraud, Grainger, 2000; Giraud, 2005) доступ к МЛ является целнословным, информация же о морфемной структуре слова предоставляется только после его опознания (см. рисунок 9). Достоинство супралексической модели по сравнению с сублексической состоит в том, что она оказывается более чувствительной к частотности целого слова по сравнению с частотностью отдельных морфем, а также к количеству слов-соседей и размеру псевдосемьи⁶, которые потенциально могут оказывать отрицательное воздействие на активацию опознаваемого слова. В частности, данная модель предсказывает большую активацию однокоренных слов при постлексической активации морфем, составляющих частотное слово по сравнению с низкочастотным. Тем не менее, ее слабым местом остается обработка новых слов.

Модели с леммами

Во всех предыдущих моделях, фокусированных на способах репрезентации морфологии, другие характеристики слова (семантические, грамматические) присоединяются непосредственно к хранящимся в МЛ словам и/или морфемам, которые, в свою очередь, непосредственно связаны с уровнем отдельных звуков / букв. Правомерность такого подхода отстаивалась, например, А. Караматца и М. Миоццо (Caramazza, Miozzo, 1997). Однако ряд авторов придерживаются иной точки зрения, согласно которой в архитек-

⁶ *Соседями* (англ. *neighbors*) некоторого слова принято называть те слова, которые отличаются от данного на одну букву (например, *вечер* и *ветер*). Под размером же псевдосемьи (англ. *pseudo-family size*) некоторого слова понимается количество слов, в которых начальные буквы/звуки совпадают с данным, например, в псевдосемье французского глагола *porter* ‘нести’ попадают такие слова, как *porte* ‘дверь’, *portrait* ‘портрет’, *portugais* ‘португальский’ и т. д. (Voga, Giraud, 2009).

туре МЛ должны быть заложены дополнительные уровни, единицами хранения на которых являются абстрактные единицы. При этом для описания вводимых промежуточных единиц хранения используются лингвистические термины (*лексема, лемма*) в нетрадиционных для лингвистики употреблениях, варьирующихся от исследователя к исследователю.

В модели М. Аллена и У. Бэдекера (Allen, Badeker, 1999, 2002; Baderker, Allen, 2002) на уровне лексем хранятся отдельные морфемы и нерегулярные формы (их фонологические репрезентации), а на уровне лемм — абстрактные представления для корня и его алломорфов, возникающих в нерегулярных словоформах. Как уровень лексем, так и уровень лемм связаны с представлениями семантического уровня. Также в данном подходе допускается хранение двух одинаковых фонологических репрезентаций омонимичных морфем на лексемном уровне в отличие от подходов, изложенных ниже.

Сходное понимание леммы представлено в работе Д. Крепальди с коллегами (Crepaldi et al., 2010). В этой модели, разработанной для объяснения процессов понимания, есть морфоорфографический уровень морфем, орфографический уровень словоформ, уровень лемм и семантический уровень; лемма при этом является абстрактным представлением всех форм одного слова (лексемой в чисто лингвистической терминологии), но не словообразовательных дериватов, и открывает доступ к значению слова.

В модели распространяющейся активации (англ. *spreading-activation model*) (Roelofs, 1992; Roelofs et al., 1998; Levelt et al., 1999), изначально разрабатывавшейся для описания порождения, в МЛ выделяется уровень слогов, уровень отдельных звуков, уровень морфофонологического облика слова — *лексем* (по сути — отдельных морфем), затем синтаксический уровень,

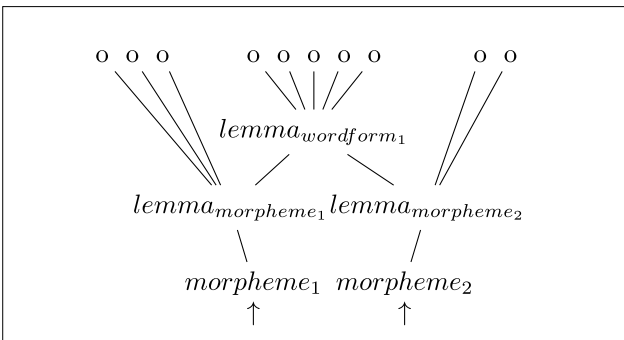


Рисунок 10. Модель с леммами на основе (Taft, Nguyen-Doan, 2010)

на котором представлены леммы для каждой лексемы и ассоциированная с ними грамматическая информация, уровень концептов, аккумулирующих семантическую информацию о соответствующих леммах. Помимо постоянной грамматической информации (например, род для существительных) на синтаксическом уровне для леммы лексемы указывается набор потенциальных грамматических значений словоизменятельных аффиксов, сочетающихся с данным типом основы (например, число и падеж для существительных). Отображение между концептами, леммами и морфемами не является взаимно однозначным соответствием: одной лемме могут соответствовать несколько морфем (сложные слова, формы слова), одному концепту могут соответствовать две леммы (случай английских глаголов типа *look up* ‘посмотреть’). Поскольку словоизменятельные показатели не имеют собственных лемм, они отображаются на синтаксическом уровне в лемму основы слова, в котором они встретились. Нерегулярные формы, не делящиеся на морфофонологическом уровне, имеют такие же репрезентации лемм, как и регулярные формы. Для продуктивных словообразовательных аффиксов данный коллектив авторов допускает декомпозицию как на морфофонологическом уровне, так и на уровне лемм и концептов, непродуктивные же аффиксы не отделяются ни на каком уровне. Аналогично, не все сложные слова имеют две репрезентации, а лишь те, у которых наличие морфемной границы критично для формирования слоговых границ независимо от (не)прозрачности значения (например, семантически непрозрачное нидерландское *oogappel* ‘дорогой малыш’ от *oog* ‘глаз’ и *appel* ‘яблоко’ раскладывается на морфемы, поскольку слоговая граница проходит между морфемами — *oog-ap-pel*, а семантически более прозрачное *aardappel* ‘картофель’ *aard* ‘земля’ и *appel* ‘яблоко’ — нет, поскольку в нем слоговые границы не зависят от морфемных — *aar-dap-pel*).

В подходе (Taft, Nguyen-Doan, 2010), продолжающем сублексическую традицию, уровень лемм также является посредником между уровнем формы (орфографической / фонологической) и уровнем семантических и грамматических функций. На уровне формы хранятся репрезентации отдельных звуков / графем и морфемы, получаемые из них. Каждая морфема связана со своей леммой, леммы морфем, в свою очередь, связаны с леммами слов, в которых они встречаются (см. рисунок 10). Значение лемм на уровне функций представлено пучком признаков. При таком подходе на уровне форм не допускается хранения двух омо-

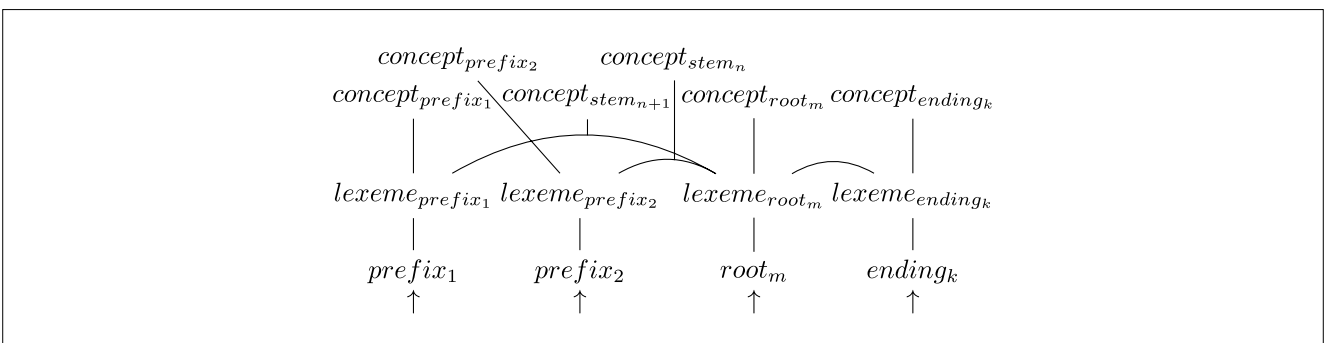


Рисунок 11. Модель на основе (Smolka et al., 2014)

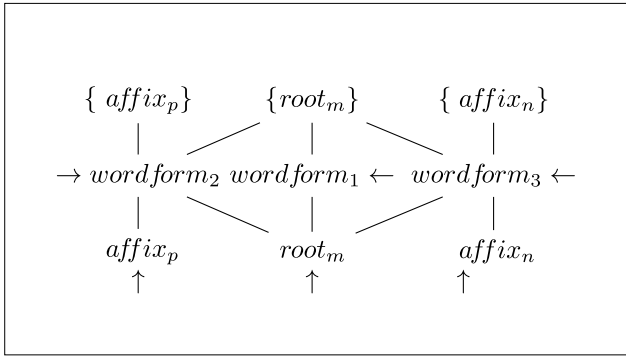


Рисунок 12. Гибридная модель К. Дипендэла и коллег на основе (Diependale et al., 2005; 2009)

нимичных морфем; вместо этого одной морфеме ставится в соответствие две леммы, связанные с различными наборами значений.

Наконец, в статье Е. Смолки с коллегами (Smolka et al., 2014) представлена модель с промежуточными репрезентациями, являющаяся аналогом модели «основа+аффикс» (см. рисунок 11). В ней предполагается три уровня: уровень форм, где хранятся целые морфемы; лексический уровень, где хранятся абстрактные представления этих морфем, причем морфемы, которые могут встретиться в рамках одного слова, связаны между собой; уровень концептов, где хранятся значения не только отдельных морфем, но и сочетаний корня со словообразовательными аффиксами — основ. Концепт основы связан со связью между составляющими ее морфемами, а не напрямую с ними.

Гибридные модели

К моделям, позиционирующим себя как содержащие леммы, примыкают гибридные модели, также содержащие уровень, промежуточный между формой и семантикой, но в отличие от предыдущих моделей, допускающие оба вида доступа (Diependaele et al., 2005; 2009; Giraudo, Voga, 2013; 2014). В них помимо морфографического уровня, на котором представлены орфографические / фонологические репрезентации отдельных морфем (морфом в терминологии Э. Жиродо и М. Вога), есть уровень целых словоформ (лексический в терминологии К. Дипендэла и его коллег) и уровень значения (семантический, по К. Дипендэла и его коллегам; концептуальный, по Э. Жиродо и М. Вога), а также уровень, промежуточный между ними.

В гибридной модели К. Дипендэла и его коллег этот уровень-посредник называется морфосемантическим и связывает цельнословные представления со значением их составляющих, морфемы же не имеют непосредственного выхода к семантике (см. рисунок 12).

В гибридной модели Э. Жиродо и М. Вога, напротив, связаны с концептуальным уровнем как отдельные морфемы, так и целые слова. Слова, относящиеся к одной морфологической семье, на промежуточном уровне отображаются в одну «базовую лемму», совпадающую по форме с однокоренным мономорфемным словом, а для языков типа французского или английского являющуюся по сути корнем (см. рисунок 13).

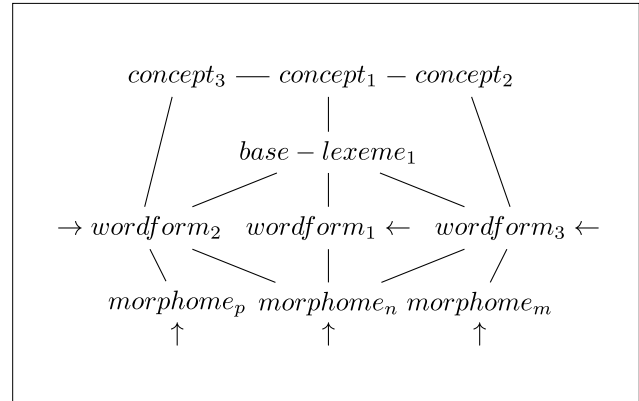


Рисунок 13. Гибридная модель Е. Жиродо и М. Вога на основе (Giraudo, Voga, 2013; 2014)

Экспериментальные методы исследования ментального лексикона

Адекватность той или иной архитектуры МЛ по отношению к определенному языку можно проверить, в частности, экспериментально на носителях данного языка. Важный вклад в эту область вносят исследования усвоения языка детьми и формирования МЛ у людей, изучающих иностранный язык во взрослом возрасте, исследования строения МЛ у билингов, а также данные о распаде языковой системы при различных типах афазий. Кроме того, слабые и сильные стороны потенциального устройства МЛ позволяют увидеть компьютерные модели, симулирующие процессы усвоения языка, понимания и порождения речи. Строение МЛ родного языка на взрослых здоровых носителях активно изучают с помощью как нейровизуализационных (ВП, МЭГ, фМРТ), так и поведенческих методов, но мы в своей работе ограничимся последними.

Методики, направленные на изучение понимания речи

Лексическое решение. Задача лексического решения (англ. *lexical decision task*) — одна из старейших и притом самых распространенных методик (Sandra, 1994). Задача испытуемого состоит в том, чтобы как можно быстрее определить, является ли предъявленная ему на экране компьютера цепочка букв или проигрываемая в наушники последовательность звуков словом его родного языка. При этом принято считать, что различия в скорости реакции на разные группы стимулов отражают особенности их хранения и доступа к ним. Среди факторов, влияющих на время опознания слова, таких как его длина, частотность, (не)однозначность, выделяют также и особенности морфемного строения, а также частотность отдельных морфем и размер морфологической семьи, к которой принадлежит слово-стимул.

К задаче лексического решения могут быть добавлены экспериментальные манипуляции со стимульным материалом, изменяющие, например, внешний облик зрительно предъявляемого стимула или определяющие взаимное расположение стимулов между собой.

Перестановка букв местами. Метод переставленных букв (англ. *transposed letters* или *letter transposition*) основывается на эмпирическом факте, что при чтении для опознания слова не требуется, чтобы все буквы слова были на своих местах. Соответственно в экспериментах, проведенных по этой методике, испытуемому предъявляется бессмысленная цепочка букв, полученная из настоящего слова перестановкой двух букв. В задаче лексического решения испытуемые чаще ошибаются в ответ на такой стимул-неслово и / или тратят дольше времени на размышление, чем когда им показывают обычное неслово. Для исследования морфологии наиболее интересным представляется сравнение опознания слов, в которых переставили местами две буквы на морфемной границе и внутри одной морфемы, так как если морфемный анализ является обязательным, нарушение первого типа будет иметь более серьезные последствия при обработке стимула, нежели нарушения второго типа.

Принудительная сегментация. В основе принудительной сегментации слова на потенциальные единицы МЛ лежит гипотеза о том, что если выделенные сегменты в слове совпадают с реально хранящимися в МЛ единицами, время реакции испытуемого в задаче лексического решения будет значимо меньше времени, затраченного на аналогичный вопрос при условии, когда выделенные сегменты не совпадают с хранящимися в памяти единицами. Технически сегментация может осуществляться с помощью пробела между единицами (Taft, 1979a; Lima, Pollatsek, 1983), дефиса (Libben, 2003), размера шрифта: строчный vs. прописной (Taft, 1979a), различного цвета шрифта (Rapp, 1992; Rouibah, Taft, 2001). При этом испытуемого просят не обращать внимания на «странный» способ предъявления.

Прайминг. Морфологический прайминг. Методика *морфологического прайминга* (англ. *morphological priming*) подразумевает предъявление однокоренного слова или другой формы той же лексемы до предъявления целевого слова, благодаря чему можно оценить силу связи между однокоренными словами и словоформами одной лексемы. Предполагается, что словоизменительные и словообразовательные дериваты, будучи праймами, ускорят опознание слова-стимула. Также обычно ожидается, что действие морфологического прайминга не будет отличаться или будет немного слабее эффектов, получаемых при использовании целевого стимула в качестве прайма. Положительный прайминг-эффект может быть использован как свидетельство в пользу сателлитного или кластерного устройства МЛ или/и же в пользу поморфемного разложения слова при его обработке. Морфологическая родственность слов подразумевает семантическое сходство и общий графический компонент при написании, однако морфологический прайминг нельзя свести исключительно к этим двум компонентам (свидетельства в пользу этого см. в Feldman, Fowler, 1987; Feldman, Moskovljević, 1987; Feldman, 1990; Bentin, Feldman, 1990; Feldman, Bentin, 1994 и т. д.).

Методика морфологического прайминга представлена в двух вариантах. Когда прайм непосредственно предшествует стимулу, речь идет о методике с *непосредственным* предъявлением стимула. Если же временной интервал между праймом и целевым сти-

мулом заполнен некоторым количеством филлеров⁷, то используется методика с *отложенным* предъявлением стимула (англ. *repetition priming*). Количество филлеров обычно варьируется, но в среднем составляет около 10.

Помимо родственных слов в качестве праймов могут использоваться псевдослова с корнем целевого слова (Longtin, Meunier, 2005; Meunier, Longtin, 2007) и целевые слова с переставленными в них буквами (Duñabeitia et al., 2007; Rueckl, Rimzhim, 2011). В первом случае положительное воздействие псевдослова можно рассматривать как свидетельство возможности морфемной декомпозиции и наличия морфемного уровня в МЛ. Во втором случае больший прайминг-эффект при перестановке букв внутри морфемы прайма также может служить доводом в пользу морфемного анализа при обработке слова. Как аргумент в пользу представленности корней в МЛ используется прайминг корнем (Kehayia, Jarema, 1994; Järviö, Niemi, 2002).

Частным случаем морфологического прайминга является прайминг словом, содержащим тот же аффикс, что и целевое слово (Marslen-Wilson, Ford, Older, 1996; Smolík, 2010; VanWagenen, Pertsova, 2014). Положительный прайминг формы является более убедительным аргументом в пользу декомпозиции, чем морфологический прайминг.

Грамматический прайминг. Грамматический прайминг (англ. *grammatical priming*) подразумевает использование в качестве прайма слова другой грамматической категории, подходящего или не подходящего на роль зависимого или главного слова по отношению к целевому слову (Lukatela et al., 1983; Carello et al., 1988). Так, для существительных подходящим (англ. *congruent*) грамматическим праймом является согласующееся с ним прилагательное или предлог, управляющий тем падежом, в котором стоит целевой стимул; неподходящим грамматическим праймом будут, соответственно, несогласующееся прилагательное и предлог, управляющий другим падежом. Считается, что наличие положительного воздействия в первом случае должно отражать наличие предварительной активации релевантной грамматической информации в МЛ, когда, читая, человек переходит от одного слова к другому.

При кажущемся удобстве и простоте результаты, полученные в задаче лексического решения, следует использовать с осторожностью, поскольку время реакции может отражать не только и не столько время, необходимое на обработку и опознание стимула, сколько компонент, связанный с принятием решения. Так, одни и те же испытуемые одни и те же стимулы могут одинаково оценивать как слова / неслова только в 83% случаев; воспроизводимость же значений времени реакции еще ниже (Diependaele et al., 2012). Причем согласованность в ответах выше для неслов (90%), чем для слов (76%). По мнению авторов статьи, при принятии решения о статусе увиденной цепочки букв испытуемый опирается на два эталона — наивысшей и наименьшей степени сходства со словом: если стимул попадает в первую или вторую категорию, ответы «слово» в первом

⁷ Филлеры — дополнительные стимулы, отвлекающие внимание испытуемого от экспериментальных.

случае и «неслово» во втором будут даны максимально быстро, в промежуточных же случаях будет производиться дополнительная верификация или же даваться случайный ответ. Соответственно, получаемые экспериментально различия по времени реакции в зависимости от частотности слова могут быть следствием не организации МЛ, а процедуры принятия решения, так как высокочастотные слова попадают в первую категорию, а низкочастотные — во вторую. Кроме того, время реакции на одни и те же слова может меняться в зависимости от характера используемых псевдослов / неслов (Baayern, 2014).

Постепенная демаскировка. Методика *postепенной демаскировки* (англ. *progressive demasking*), разработанная в исследовании Грейнджера и Сеги (Grainger, Segui, 1990), позволяет измерить время опознания слова, не используя псевдослова. Слово предъявляется на экране попеременно с последовательностью масок (###) несколькими циклами равной длительности (обычно используются временные интервалы в 200–300 мс), причем в каждом следующем цикле длительность предъявления слова увеличивается, а длительность предъявления масок уменьшается. Минимальное время предъявления слова, как и шаг между циклами, составляет 15 мс. При таких условиях предъявления у испытуемого складывается впечатление, что слово постепенно вырисовывается на фоне шума, создаваемого масками. Испытуемый дает ответ в тот момент, когда в состоянии распознать слово, нажимая на кнопку клавиатуры. Затем его просят записать то слово, которое он увидел. Постепенная демаскировка позволяет уменьшить объем информации, доступной в единицу времени, благодаря чему можно исследовать те эффекты, которые возникают на более ранних стадиях зрительного восприятия.

«Иллюзорные соединения». Данная методика основывается на известном в психологии внимания феномене *иллюзорных соединений* (англ. *illusory conjunctions*), или *ошибок связывания* (англ. *feature conjunction errors*), хорошо изученных в рамках исследовательского подхода, основанного на *теории интеграции признаков* Энн Трейсман (Трейсман, 1987). Эта теория зрительного внимания предполагает, что при восприятии объекта происходит параллельная обработка всех его признаков, таких как, например, цвет и форма, которые затем интегрируются в единый образ. При быстром тахистоскопическом предъявлении нескольких объектов человек может ошибочно связать выделенные признаки. Так, в эксперименте Трейсман при предъявлении цветных геометрических фигур у испытуемых возникали иллюзорные соединения формы и цвета объекта. Предположение автора статьи (Seidenberg, 1987) заключалось в том, что если существует сублексический уровень обработки слова, то структурные особенности стимула (слоговая / морфемная структура) будут оказывать влияние на характер связывания признаков. В качестве структурных особенностей стимула М. Зайденберг предложил использовать различный цвет букв предъявляемого слова, например *THUNDER* 'гром'. В качестве зависимой переменной выступают ошибки связывания при-

знаков. То есть его испытуемые, увидев двуцветное слово, должны были отчитаться о цвете контрольной буквы. Контрольная буква может располагаться либо перед границей между предполагаемой единицей доступа к МЛ и остальной частью слова, либо после нее. Так было выделено два типа ошибок связывания признаков: сохранение целостности единицы доступа (англ. *preservation*) и ее нарушение (англ. *violation*). Например, если слово *burden* предъявлено в виде *BURDEN*, а испытуемого спрашивают про цвет буквы D, то его ответ «красный» будет сохранять целостность слоговой единицы. Если же то же самое слово предъявлено в виде *BURDEN* и человеку задают тот же вопрос, то его ответ «синий» будет сохранять целостность БОСС. При наличии сублексического уровня, таким образом, можно ожидать большего количества ошибок по типу сохранения целостности единиц доступа.

Суждение об идентичности при разном шрифте. В экспериментах, основанных на этой методике (англ. *cross case same — different task*) (Duñabeitia et al., 2011), испытуемого просят оценить, идентична ли одна последовательность букв другой последовательности (англ. *reference*), предъявленной до этого. В целевой последовательности все буквы заглавные, а в «референциальной» последовательности все буквы строчные, как и в замаскированном прайме, который предъявляется по времени между ними. Испытуемого просят принимать решения о сходстве / различии, игнорируя разный шрифт и опираясь только на орфографию. Данная методика не требует лексической / семантической обработки слова и, следовательно, доступа к МЛ, что позволяет проверить при использовании в качестве прайма слов с переставленными буквами, является ли морфемный анализ обязательным.

Оценка грамматической правильности. Методика оценки грамматической правильности (англ. *grammaticality judgement task*) не является специфичной для этой области психолингвистики. При исследовании морфологии в МЛ испытуемого, как правило, просят оценить приемлемость изолированных псевдослов (Marjanović et al., 2013) или псевдослов в контексте предложений (Huang, Pinker, 2010) по определенной шкале. Результаты подобных экспериментов позволяют изучить категориальную сочетаемость аффиксов, а также выявить продуктивные и непродуктивные модели словообразования и словоизменения.

Движения глаз. Распространенным методом при изучении понимания является запись движений глаз (англ. *eye-tracking*). При чтении текста испытуемым с помощью этого метода можно регистрировать количество и длину фиксации на целевом слове. Целевые слова могут предъявляться изолированно или в контексте предложений.

В первом случае регистрацию движений глаз совмещают с задачей лексического решения. При этом испытуемому разрешается смотреть на каждый стимул столько времени, сколько потребуется, чтобы дать ответ (Hyönä et al., 1995; Kuperman et al., 2009). Соответственно, у него появляется возможность отводить взгляд, а потом снова фиксировать его на сти-

муле. Ожидается, что паттерны движений глаз могут зависеть от морфемной структуры слова и степени его семантической прозрачности.

Во втором случае к словам в стимульных предложениях могут применяться дополнительные экспериментальные манипуляции, такие как принудительная сегментация и морфологический прайминг. В отличие от задачи лексического решения при регистрации движений глаз используются только такие разделители, как пробел или дефис (Juhasz et al., 2009; Bertram et al., 2011). При морфологическом прайминге в рамках предложения морфологически связанный с целевым стимулом прайм размещается линейно до него (Paterson et al., 2011). При этом можно отследить тип и объем воздействия прайма на целевое слово в зависимости от степени семантической прозрачности и типа морфологической связи (словоизменительная / словообразовательная). Некоторым аналогом прайминга отдельной морфемой можно считать и *метод границы* (англ. *eye-contingent boundary paradigm*) (Lima, 1987; Deutsch et al., 2003; Kambe, 2004), разновидность методики, при которой предъявляемый текст меняется в зависимости от текущей позиции взгляда (англ. *gaze-contingency paradigm*). Как следует из его названия, этот метод подразумевает, что в определенном месте предложения размещается невидимая граница. Текст, находящийся за ней, меняется после пересечения взглядом этой границы. Как правило, эту границу располагают между двумя морфемами: одна из них предъявляется все время, а вторую вначале заменяют на ряд букв X или иную бессмысленную последовательность букв. С помощью этого метода можно проверить, извлекается ли парфовеальным зрением морфологическая информация, и если да, то какого типа и в каком объеме.

Принято считать, что регистрация движений глаз обладает большей экологической валидностью по сравнению с лексическим решением, так как последнее требует от человека принятия металингвистического решения, а кроме того, человек редко сталкивается с изолированными словами вне контекста (Вауэрн, 2014). Однако как показало исследование (Kuperman et al., 2013), между паттернами движений глаз при чтении и временем реакции в задаче лексического решения есть положительная корреляция. Тем не менее корреляция является значимой при сравнении результатов лексического решения с количеством и длительностью фиксаций, полученных при чтении только специально составленных нейтральных не очень длинных предложений, но не длинных абзацев. Таким образом, даже при записи движений глаз испытуемый обычно находится в довольно далеких от реальности экспериментальных условиях.

Методики, направленные на изучение порождения речи

Описанные выше методики направлены на изучение обработки языковой информации и ее хранения в МЛ через восприятие. Другой возможный путь — выявить по возможности те элементы, из которых «склеивается» слово при порождении, если оно не хранится в памяти целиком.

Называние. Базовой методикой при изучении порождения речи является *называние* (англ. *naming task*) (Feldman, Probst, 2002). Задача испытуемого состоит в том, чтобы как можно быстрее озвучить предъявленное ему слово либо назвать предмет, изображенный на картинке. В качестве зависимой переменной, измеряемой в ходе эксперимента, используется время от начала предъявления стимула до произнесения слова человеком.

Более утонченным вариантом этой методики является *обусловленное называние* (англ. *go / no go naming*), устный аналог лексического решения, когда человеку требуется озвучивать только предъявляемые ему слова и игнорировать неслова (Feldman, Probst, 2002).

Прайминг. Как и при изучении понимания, при исследовании порождения активно используется метод прайминга. Предполагается, что предварительное предъявление прайма с тем же корнем, что и целевой стимул, поможет испытуемому быстрее дать ответ при наличии морфологического уровня в МЛ.

Классической в этой области считается разработанная А. Мейер (Meyer, 1990) методика *онлайнной подготовки* (англ. *on-line preparation*), или методика *имплицитного прайминга* (англ. *implicit priming*). Задача испытуемого состоит в том, чтобы, заучив некоторый набор пар слов-подсказок (англ. *prompts*) и слов-ответов (англ. *responses*), как можно быстрее назвать слово-ответ при предъявлении слова-подсказки; экспериментатор же замеряет время от появления слова-подсказки до начала произнесения слова-ответа. При этом экспериментальная серия составлена из блоков двух типов: в одних блоках все слова-ответы содержат общую часть (например, один и тот же первый звук или слог), а в остальных — слова-ответы не похожи друг на друга. Предполагается, что при условии однородности целевых стимулов по сравнению с условием их неоднородности должен проявиться положительный прайминг-эффект за счет того, что испытуемый уже успел «подготовиться» к произнесению определенного речевого отрезка. Если общий начальный сегмент целевых стимулов составляет целую морфему (приставку или корень), то в экспериментах с онлайнной подготовкой можно ожидать большего прайминга по сравнению с условием, когда первый слог меньше морфемы, если в МЛ есть морфемное представление слова.

Вариантом имплицитного прайминга является задание на *ассоциацию стимула и местоположения* (англ. *position-response association task*), при котором вместо слов-подсказок используются местоположения на экране иконки с изображением громкоговорителя (Bien et al., 2005, 2011). В отличие от предыдущей методики на этапе заучивания пар слова-ответы предъявляются испытуемому только в устной модальности, что позволяет избежать влияния орфографии.

Наряду с имплицитным праймингом используется также *методика интерференции слов и картинок* (англ. *picture — word interference*). Испытуемому попеременно показывают картинки и слова-дистракторы (англ. *distractors*). Когда человек видит перед собой картинку, то ему нужно назвать то, что на ней изображено. Дистракторы же его просят либо игнорировать, либо читать вслух. Дистрактор, предъявляемый непосред-

ственно перед стимульной картинкой, может служить праймом, как ускоряющим называние картинки в случае фонетического сходства или ассоциативной связи между двумя словами, так и замедляющим этот процесс в случае категориальной связи между ними (Bölte et al., 2004). Данная методика воспроизводит морфологический прайминг с отложенным предъявлением стимула для порождения, однако ее применимость ограничена той предметной лексикой, для которой можно подобрать легко и однозначно описываемую картинку.

Аналогом прайминга корнем в задачах на понимание является *прайминг при асинхронии предъявления стимула* (англ. *stimulus onset asynchrony priming task*) (Schreuder, 1990; Schreuder et al., 1990), когда стимул может появиться в двух условиях: сразу целиком, либо сначала появляется только его начало или конец. Во втором случае предполагается, что предварительное предъявление морфемы, содержащейся в целевом стимуле, ускорит процесс называния, если в МЛ есть репрезентации отдельных морфем.

Образование дериватов. В 70–80-е годы популярной была методика, при которой испытуемый образовывал от предъявляемого ему слова-основы новые слова по определенной модели (англ. *word creation paradigm*) (Steinberg, 1973, цит. по MacKay, 1978) или называл существующий дериват определенного типа, например отглагольное существительное от основы глагола (MacKay, 1978). Предполагалось, что если деривационная гипотеза верна, то количество правил, применяемых для образования производных слов, будет определять время ответа и влиять на количество ошибок. Однако при исследовании словообразования эта методика не получила широкого распространения.

Порождение письменного текста. Наряду с порождением устного текста можно изучать потенциальное влияние морфемной организации МЛ на порождение письменного текста. В частности, интерес представляет сравнение временных интервалов между нажатиями двух клавиш клавиатуры на границе морфем и внутри морфем (Sahel et al., 2008; Will et al., 2006). Если человек планирует свой будущий письменный текст поморфемно, то между этими условиями должна проявиться разница.

Интерактивные методики. Недавно также появилась интерактивная методика, названная ее создателями (Libben, Weber, 2012) *техникой P3* (англ. *P3 technique*), которая позволяет проводить эксперимент одновременно на паре испытуемых. Задача первого испытуемого состоит в том, чтобы как можно быстрее озвучить слово, подвергнутое постепенной демаскировке; услышав его ответ, второй испытуемый должен как можно быстрее напечатать целевое слово. Таким образом, экспериментатор может одновременно получить данные как по порождению устного и письменного текста, так и по пониманию, привнося в эксперимент коммуникативную составляющую.

Морфологические эффекты, наблюдаемые с помощью поведенческих методов

В этой главе мы представим некоторые факты, касающиеся морфологии в МЛ, которые были получены в поведенческих экспериментах и должны учитываться при выборе оптимальной архитектуры МЛ. Сначала будут рассмотрены эмпирические данные, затрагивающие вопрос о сходстве и различии словоизменения и словообразования. Затем будут изложены потенциальные проблемы, связанные с кодированием отношений между морфемами в рамках одного слова при условии их хранения в МЛ. Следующая часть этой главы будет посвящена вопросам репрезентации корней в МЛ и особенностям их участия в обработке слова. В заключительной части мы обратимся к роли частотности в опознании слов и ее связи с морфемной организацией МЛ. Мы намеренно оставили в стороне вопрос о различии в репрезентации регулярных и нерегулярных форм слова, так как он гораздо шире освещен в русскоязычной литературе, чем другие аспекты, связанные с представлением морфологии в МЛ, см., например, обзоры в работах Свистуновой (2008), Черниговской и др. (2009).

Словоизменение и словообразование

С точки зрения теоретической лингвистики, словоизменение и словообразование являются разными процессами. Однако данные поведенческих экспериментов на разном языковом материале как подтверждают их различие, так и не опровергают их сходство. Хотя этот факт может быть связан с тем, что не все методики одинаково чувствительны к такому тонкому противопоставлению, тем не менее, подобного рода данные могут свидетельствовать о сходстве механизмов обработки и хранения словоизменяемых и словообразовательных показателей.

Так, на английском материале при прайминге с отложенным предъявлением стимула словоформы одной лексемы по отношению друг к другу являлись более успешными праймами, чем однокоренные слова (Fowler et al., 1985), хотя в аналогичном более позднем исследовании таких различий не было обнаружено (Raveh, Rueckl, 2000). При прайминге с непосредственным предъявлением стимула различие между словоизменением и словообразованием было получено только при большей асинхронии времени предъявления стимула (Raveh, 2002).

На немецком материале при прайминге с отложенным предъявлением стимула был получен частичный прайминг между словоформами одной лексемы для прилагательных и отсутствие прайминга между дериватами, образованными от основ тех же прилагательных (Schriefers et al., 1992), но в экспериментах с интерференцией слов и картинок морфологический прайминг равного размера был получен как при непосредственном предъявлении стимула, так и при интервале в 7–10 филлеров независимо от типа связи между праймом и целевым словом (словоизменяемая / словообразовательная) (Zwitzerlood et al., 2000).

На испанском материале при неосознаваемом прайминге с маскировкой однокоренные слова и словоформы одной лексемы были одинаково успешными праймами, но при осознаваемом прайминге с непосредственным предъявлением стимула словообразовательные дериваты не оказывали никакого влияния (Sánchez-Casas et al., 2003).

Далее, не было получено различия между словоизменением и словообразованием для иврита в экспериментах с праймингом при отложенном предъявлении стимула (Feldman, Bentin, 1994), что привело авторов исследования к гипотезе о кластерной организации МЛ для иврита. Тем не менее, эти данные не следует напрямую соотносить с данными по европейским языкам, так как в иврите, как семитском языке, морфологические процессы не являются линейными: корень представлен 3–4 согласными и не употребляется сам по себе, а словообразовательные и словоизменительные показатели соответствуют гласным, которые «вставляются» между согласными корня.

Для финского языка в задаче лексического решения первая и вторая фиксации взгляда на непроемных существительных в косвенном падеже занимают значительно больше времени по сравнению с суффиксальными существительными в номинативе (Huöppä et al., 1995). По мнению исследователей, это говорит в пользу модели SAID, в которой словообразовательные дериваты обрабатываются целнословно, а слова со словоизменительными показателями требуют морфологической декомпозиции. Однако открытым остается вопрос о том, действительно ли являются полученные различия следствием разных механизмов хранения и обработки, а не эффектом контекста: на фоне существительных в именительном падеже независимо от их морфемного строения и частотности существительные в косвенном падеже в принципе могут восприниматься как более «аномальные» и, соответственно, требовать больше времени на принятие решения.

Отношения между морфемами

В данном разделе будут рассмотрены эффекты, связанные с отношениями между несколькими морфемами в рамках одного слова, которые предполагают хранение отдельных морфем в МЛ.

Перестановка букв. По данным, полученным на материале английского (Christianson et al., 2005), испанского и баскского (Duñabeitia et al., 2007) языков, положительный прайминг наблюдается, только если буквы в прайме переставлены внутри одной морфемы, но не на их границе. Следовательно, перестановка букв на морфемной границе должна прерывать опознание слова и быть аргументом в пользу морфемного анализа. Однако в повторном исследовании на английском языке (Rueckl, Rimzhim, 2011) оказывал воздействие и прайм с переставленными на морфемной границе буквами, что противоречит полученным ранее результатам и, скорее, свидетельствует в пользу холистической стратегии обработки.

При добавлении дополнительного фактора — семантической близости — оказывается, что только настоящие дериваты с переставленными буквами

на морфемной границе в отличие от псевдоаффиксальных являются эффективными праймами для мономорфемного слова (Diependaele et al., 2013).

Кроме того, хорошим праймом является псевдослово, составленное из существующих морфем, но не псевдослово с переставленными буквами внутри корня (Beyersmann et al., 2012) и на границе корня и суффикса (Diependaele et al., 2013), что должно объясняться невозможностью цельной обработки для псевдослов в отличие от слов.

По мнению Х. Дуñабейты и коллег (Duñabeitia et al., 2014), непоследовательность в наблюдаемых эффектах от переставленных букв на границе и внутри корня является следствием того, что быстро читающие и медленно читающие люди могут пользоваться различными стратегиями. Так, в их экспериментах более быстрым испытуемым прайм с переставленными в корне буквами лучше помогал опознать целевое слово по сравнению с праймом, в котором переставленные буквы были заменены на другие, сходные по частотности; прайм с переставленными на морфемной границе буквами оказывал такое же воздействие, что и прайм с замененными буквами на месте морфемной границы. Для медленных же испытуемых оба типа праймов с переставленными буквами были более эффективными, чем праймы с замененными буквами, так как они, вероятно, меньше опирались на графическую информацию о слове и были менее чувствительны к «шуму» в поступающем потоке информации, в отличие от быстрых читателей. Поэтому удачная модель МЛ, вероятно, должна допускать в сигнале некоторое количество помех, которые не будут мешать успешной обработке информации.

Порядок присоединения аффиксов. Обычно порядок присоединения морфем к корню легко установить, в частности, сначала присоединяются словообразовательные, а затем словоизменительные показатели. Однако в некоторых случаях возможны варианты присоединения аффиксов, соответствующие разным значениям, например английское прилагательное *unlockable* может соотноситься с тем, что нельзя закрыть, при правом ветвлении (*un-lockable*), или с тем, что можно быть открытым, при левом ветвлении (*unlock-able*). Эти теоретические различия в порядке присоединения аффиксов должны отражаться в стратегиях, которые люди используют при чтении. В задаче лексического решения при принудительной сегментации с помощью дефисов на границе корня и приставки или корня и суффикса такие неоднозначные слова опознавались с одинаковой скоростью, хотя аналогичные однозначные прилагательные независимо от типа ветвления быстрее опознавались при выделении приставки (Libben, 2003). При изучении обработки таких омонимичных прилагательных в контексте с помощью регистрации движений глаз было показано, что предшествующий контекст, который мог указывать на одно из значений или оставаться нейтральным, не влияет на их опознание (Pollatsek et al., 2010). Более того, для испытуемых предпочтительной оказывалась интерпретация, соответствующая левому ветвлению (*unlock-able*), что авторы статьи объясняют большей частотностью слов модели *unX* по сравнению с *Xable*.

Если в процессах, связанных с пониманием, порядок декомпозиции может варьироваться, как было показано выше, то для процессов порождения предполагается последовательное планирование морфем. Это подтверждается в экспериментах с онлайн-подготовкой на материале нидерландского и немецкого языков (Roelofs, 1996; Janssen et al., 2004): если общий первый слог целевых стимулов составляет целую морфему (приставку или корень), наблюдается больший прайминг по сравнению с условием, когда первый слог меньше морфемы; кроме того, общие неначальные морфемы целевых слов никак не помогают испытуемому, как и общие неначальные слоги (Meyer, 1990; 1991).

Линейное взаиморасположение морфем. В лингвистике аффиксы делятся на суффиксы и приставки, исходя из их линейного расположения относительно корня, однако неясно, принимается ли в расчет это позиционное различие при морфемном анализе.

Аффиксы. Некоторым свидетельством в пользу этого можно считать результаты, полученные в исследовании Д. Крепальди и коллег (Crepaldi et al., 2010): если псевдослова из существующего корня и существующего суффикса (например, англ. *gasful*) опознаются в задаче лексического решения медленнее псевдослова из существующего корня и несуществующего суффикса (например, англ. *gasfil*), то при перестановке местами корня и суффикса этот эффект исчезает. Кроме того, не различается время реакции на псевдослова, полученные перестановкой местами корня и суффикса в существующем слове, и псевдослова, в котором до корня располагается псевдоприставка. Таким образом, при опознании суффиксы опознаются как суффиксы только на своем месте.

Сложные слова. В отличие от аффиксов корень может занимать как начальную позицию в слове, так и следовать за приставкой или другим корнем, а значит, на его опознание не должны накладываться ограничения, связанные с местоположением. Так как в сложных словах корни могут занимать как начальную, так и конечную позицию, то если морфемная декомпозиция осуществляется, можно ожидать замедление времени реакции на псевдослова, полученные перестановкой корней в сложном слове (например, *moonhoney* из *honeymoon* 'медовый месяц'), по сравнению с несуществующими сложными словами (например, *moonbasin* от *moon* 'луна' *basin* 'резервуар') за счет интерференции с существующим сложным словом. Эта гипотеза подтвердилась в эксперименте (Crepaldi et al., 2013). Более того, сложное слово с переставленными корнями служит эффективным праймом для того же сложного слова в правильном написании, что свидетельствует об активации корней в таких псевдословах.

Экспериментальные данные, касающиеся позиционного кодирования аффиксов относительно корня и корней в сложном слове, пока нашли слабое отражение в теоретических моделях и нуждаются в дальнейшем объяснении. Кроме того, данный феномен нуждается в изучении на материале языков, в которых отсутствуют приставки, например уральских или алтайских.

Категориальная сочетаемость аффиксов. Важным аргументом против супралексического подхода выступают данные, говорящие о морфемном анализе

псевдослов с выраженной морфемной структурой. Так, в задаче лексического решения испытуемым сложнее отвергнуть незафиксированную в языке последовательность приставки и корня по сравнению с псевдословом из существующей приставки и несуществующего корня (Taft, Forster, 1975), незафиксированную в языке последовательность корня и суффикса по сравнению с псевдословом из существующего корня и несуществующего суффикса, несуществующего корня и существующего суффикса и псевдословом без морфемной структуры (Caramazza et al., 1988; Burani et al., 2002; Ferrari, Kacinik, 2014). Более того, при назывании на псевдослова с морфемной структурой тратится меньше времени, чем на другие псевдослова (Burani et al., 1999; Burani et al., 2002). Исследования псевдослов с морфемной структурой важны также и потому, что при восприятии незнакомых слов, существующих в языке, должны быть задействованы сходные механизмы.

Однако не все сочетания морфем между собой возможны в языке: некоторые аффиксы накладывают определенные ограничения на тип присоединяемой основы. В частности, согласно результатам, полученным на материале греческого языка (Manouilidou, 2007), предполагается, что существует определенная шкала приемлемости неслова, на одном полюсе которой располагаются потенциально возможные в языке сочетания, а на другом конце шкалы — неслова, состоящие из несуществующего корня и существующего аффикса. Между ними же располагаются псевдослова, нарушающие валентностные и категориальные ограничения. В задаче лексического решения время реакции на такие псевдослова соотносилось с их положением на шкале приемлемости.

Другой аспект, который может определять обработку псевдослова, — его семантическая интерпретируемость. В задаче лексического решения на то, чтобы отвергнуть псевдослова, которые легко проинтерпретировать, требуется больше времени (Burani et al., 1999). При кросс-модальном прайминге псевдослова, которые невозможно проинтерпретировать, не являются успешными праймами в отличие от легко интерпретируемых псевдослов (Feldman, Bentin, 1994; Meunier, Longtin, 2007).

Семантическая прозрачность. Сопоставление слов с (не)композициональным сочетанием морфем началось с исследования У. Марслен-Уилсона с коллегами (Marslen-Wilson et al., 1994), в котором с помощью методики кросс-модального прайминга было показано, что только семантически прозрачные дериваты являются хорошими праймами по отношению друг к другу, а значит семантически непрозрачные комплексы морфем должны храниться и обрабатываться целиком. Однако данное обобщение было поставлено под сомнение в дальнейших исследованиях.

Суффиксальные дериваты. Во многих последующих исследованиях различие между семантически прозрачными и непрозрачными словами не было подтверждено на английском (Rastle et al., 2000; Marslen-Wilson et al., 2008), французском (Longtin et al., 2003), испанском (Sánchez-Casas et al., 2003) и русском (Kazanova et al., 2008) материалах в экспериментах с неосознаваемым праймингом.

Различия между этими двумя типами слов проявились на английском материале при кроссmodalном прайминге при любой асинхронии и только при большей асинхронии между предъявлениями прайма и стимула в письменной модальности (Feldman et al., 2004). При большой асинхронии также проявляется в объеме положительного воздействия влияние размера семьи, определяющейся по количеству семантически прозрачных членов. Методика прайминга при записи движений глаз в экспериментах с английским языком также выявила уменьшение длительности фиксации на целевом слове при прайминге семантически прозрачным однокоренным словом, но не семантически непрозрачным (Patterson et al., 2011).

Кроме того, в экспериментах с обратной маскировкой на материале французских суффиксальных дериватов (Diependaele et al., 2005) семантически непрозрачные праймы оказывали положительное воздействие на целевые стимулы, но в меньшей степени, чем семантически прозрачные дериваты. Особенно ярко это различие проявилось при предъявлении стимулов в письменной модальности, а не в устной. Хотя этот факт, по мнению авторов, и свидетельствует о цельнословном хранении слов с некомпозициональной семантикой, такие слова, с их точки зрения, при опознании должны как подвергаться морфемному анализу, так и параллельно обрабатываться целиком. Аналогично, в работе Л. Фельдмана и коллег (Feldman et al., 2009) было получено различие в объеме воздействия на французском материале и при обычном неосознаваемом прайминге в письменной модальности.

Приставочные дериваты. Эксперименты на немецком материале дают противоречивые свидетельства. Так по данным Heide (2010) в задаче лексического решения испытуемые отвечали быстрее и совершали меньше ошибок в случае семантически прозрачных глаголов (например, *verschieben* 'отодвинуть' от *schieben* 'двигать') по сравнению с семантически непрозрачными глаголами (например, *vertragen* 'терпеть' от *tragen* 'нести'). Автор статьи объясняет полученное расхождение за счет разного хранения слов в ментальном лексиконе: для глаголов первого типа — поморфемное хранение, а для глаголов второго типа — цельнословное. При этом предполагается обязательная декомпозиция для обоих типов слов: в первом случае она приведет к успешному доступу к ментальному лексикону, а во втором — к повторному анализу слова и цельнословному анализу (из-за этого реанализа скорость обработки меньше и возникает больше ошибок). Однако результаты экспериментов с осознаваемым праймингом в разных модальностях говорят, скорее, о декомпозиции независимо от семантических отношений между морфемами (Smolka et al., 2014). Е. Смолка с коллегами элегантно обходит проблему композициональности семантики, постулируя хранение концептов для многоморфемных основ, что, возможно, является наиболее удачным решением по сравнению с остальными.

ИмPLICITный прайминг приставкой для нидерландских слов с семантически прозрачной и непрозрачной структурой практически не отличается по величине, что говорит о декомпозиции (Roelofs, Baayern, 2002).

Сложные слова. Результаты экспериментов со сложными словами свидетельствуют в пользу поморфемного хранения. Так, в работе П. Домес (Dohmes et al., 2004) на немецком материале при прайминге непроизводного слова (например, *Ente* 'утка') двумя типами сложных слов: семантически прозрачных (типа нем. *Wildente* 'дикая утка', ср. *wild* 'дикий' и *Ente* 'утка') и с некомпозициональной семантикой (типа нем. *Zeitungsentente* 'газетная утка', ср. *Zeitung* 'газета' и *Ente* 'утка') наблюдалось положительное воздействие одинаковой величины. При этом получаемый эффект нельзя объяснить простым сходством по форме: при прайминге сходными по форме, но не родственными словами ускорения не наблюдается (то есть, например, хорошим праймом к нем. *Rose* 'роза' будет *Buschrose* 'кустовая роза', но не *Neurose* 'невроз', хотя во всех трех словах содержится сегмент *rose*). Аналогично, на финском материале (Pollatsek, Hyöna, 2005) паттерны движений глаз не различались в случае семантически прозрачных и непрозрачных сложных слов.

Основной проблемой исследований, посвященных некомпозициональной семантике морфемных комплексов, остается тот факт, что решение о семантической непрозрачности слова зачастую основывается на интуиции экспериментатора. Если в случае сложных слов некомпозициональность значения относительно легко определить, так как значение отдельных корней можно взять из толкований мономорфемных слов в словаре, то в случае суффиксов и приставок экспериментаторы не располагают подобными источниками и обычно опираются не собственно на критерий композициональности, а на степень близости значения корня значению его деривата. Кроме того, при обороте стимульного материала обычно не проводится четкой границы между семантически непрозрачными суффиксальными словами и псевдосуффиксальными.

Особенности корня

В этом разделе будут рассмотрены исследования, направленные на изучение репрезентации корня в МЛ и особенностей, связанных с его обработкой.

Связанные корни. *Связанными* в лингвистике называют корни, которые встречаются в словах только в сочетании с другими словообразовательными морфемами (например, *mit* в английских словах *submit* 'подчиниться' и *permit* 'позволить'), те же корни, что могут употребляться самостоятельно, — *свободные*. Соответственно, представленность в МЛ связанных корней по сравнению со свободными теоретически является менее вероятной, однако экспериментальные данные, скорее, свидетельствуют об обратном. Хотя на английском материале в экспериментах с кроссmodalным морфологическим праймингом не было обнаружено ускорения времени реакции на целевое слово в парах, где прайм и стимул содержат общий связанный корень в отличие от слов со свободными корнями (Marslen-Wilson et al., 1994), в аналогичных экспериментах (Forster, Azuma, 2000) в письменной модальности был получен прайминг между словами со связанными корнями той же величины, что и между словами со свободными корнями (Forster, Azuma, 2000; Pastizzo, Feldman, 2004). В прайминг-экспериментах с поль-

ским языком ускоряют опознание целевого стимула только те корни, которые сами по себе образуют слово, а в аналогичных экспериментах с греческим языком корень служит эффективным праймом, хотя не может употребляться самостоятельно (Kehayia, Jarema, 1994), что также верно и для финских алломорфов корня (Järvikivi, Niemi, 2002).

Корни с чередованиями. Как при словообразовании, так и при словоизменении в корне могут возникать чередования. Соответственно, в МЛ могут храниться все возможные алломорфы корня или одна репрезентация с недоспецифицированными признаками. В литературе вторая точка зрения является более популярной, что поддерживается тем же объемом морфологического прайминга между словами с чередованиями в корне, что и между словами без чередований в корне на валлийском (Boyce et al., 1987), сербохорватском (Feldman, Fowler, 1987), польском (Reid, Marslen-Wilson, 2000), финском (Järvikivi, Niemi, 2002), немецком (Smolka et al., 2007) и английском материале (McCormick et al., 2008). Однако в экспериментах с родственным польскому болгарским языком, если в корне прайма нет беглого гласного, а в целевом стимуле он есть, прайминг-эффект оказывался меньше, чем в том случае, когда корень у прайма и стимула выглядит одинаково (Bertinetto, Jetchev, 2005). Авторы статьи используют этот факт в качестве аргумента в пользу цельнословного хранения слов с чередованием.

Перестановка букв в корне. Как уже было сказано выше, перестановка букв внутри морфемы не мешает активации исходного слова (англ. *oebu* из *obey* 'подчиняться'), однако данный эффект не наблюдается, если речь идет о переставленных двух первых буквах корня в начале слова — *boey* (Rayner et al., 2006; White et al., 2008), что связывают с особой перцептивной выделенностью начала слова. Однако если двум первым переставленным в корне буквам предшествует приставка, независимо от того существует ли слово, состоящее из этой приставки и корня (*disboey* из *disobey* 'не слушаться' vs. *reboey* из *reobey*), этот эффект возвращается (Taft, Nilsen, 2012), что поддерживает гипотезу о морфемном анализе при опознании, происходящем одновременно с анализом двубуквенных сочетаний.

Корень vs. БОСС. Роль корня в опознании неоднократно оспаривалась М. Тафтом, предлагавшем альтернативную единицу, релевантную для получения доступа к МЛ, — БОСС (Taft, 1979a; 1987; Rouibah, Taft, 2001). Аргументом в пользу существования этих единиц использовалось более быстрое опознание слова в условиях, когда БОСС перцептивно выделен в слове. Однако в заданиях с иллюзорными связываниями испытуемые, скорее, были склонны сохранять целостность слога, нежели БОСС (Seidenberg, 1987), а использование БОСС в качестве прайма дает одинаковое по объему воздействие со слогами (Lima, Pollatsek, 1983).

Частотность

Важность роли частотности при опознании слова подчеркивалась, начиная с модели лексического поиска К. Форстера (Forster, 1976). Однако с течением времени и развитием корпусных технологий происходит посте-

пенное осознание того факта, что на обработку слова, по-видимому, влияют не столько высокая или низкая встречаемость собственно слова или составляющих его морфем, сколько принадлежность слова к определенной морфологической семье, а также к определенным моделям словоизменения и словообразования. Поэтому сначала мы поговорим о традиционной абсолютной частотности, а затем остановимся подробнее на более сложных мерах, вычисляемых на ее основе, которые разрабатываются в рамках теории информации.

Поверхностная частотность vs. лексемная частотность. *Поверхностной частотностью* (англ. *surface frequency*) в западной литературе принято называть частотность отдельной словоформы в противовес *лексемной частотности* (также ее иногда называют частотностью основы), которая вычисляется как суммарная частотность всех словоформ данной лексемы. Влияние поверхностной частотности на скорость опознания слова принято считать аргументом в пользу хранения целых словоформ в МЛ, влияние же лексемной частотности поддерживает гипотезу о репрезентации основы в МЛ. Эти эффекты были засвидетельствованы на материале английского (Taft, 1979b), французского (Colé et al., 1989), нидерландского (Ваауерн, 1997), немецкого (Schreuder, Ваауен, 1997) языков в задаче лексического решения. Дополнительным свидетельством важной роли частотности слова для его опознания являлся бы различный объем воздействия при морфологическом прайминге, однако эксперименты в этой области дают противоречивые результаты: больший прайминг-эффект для частотных слов (Giraud, Grainger, 2000), меньший прайминг-эффект для частотных слов (Meunier, Segui, 1999), прайминг равного объема (McCormick et al., 2008).

Частотность отдельных аффиксов. Влияние частотности отдельных аффиксов на обработку целого слова связывают с наличием / отсутствием репрезентаций отдельных морфем в МЛ, а также с возможностью морфемного анализа при опознании. Подтверждения этого факта для отдельных морфем были получены для аффиксов (Taft, 1979a; Laudanna et al., 1994), а также для корней в сложных словах (Kuperman et al., 2008; Kuperman et al., 2009).

Частотность корня и эффект размера семьи. *Размер семьи* определяется как количество словообразовательных дериватов данного корня, а частотность корня (семьи) равна сумме лексемных частотностей его дериватов. По экспериментальным данным, размер семьи значимо влияет на обработку в том числе и мономорфемного слова в задаче лексического решения (Ваауен et al., 2006; Juhasz, Berkowitz, 2011) и при записи движений глаз (Kuperman et al., 2010; Juhasz, Berkowitz, 2011): чем больше семья, тем быстрее опознается слово. При этом при постепенной демаскировке в отличие от лексического решения значимым является влияние поверхностной частотности, но не размера семьи (Schreuder, Ваауен, 1997), а значит, эти два параметра вступают в действие в разное время: поверхностная частотность — на более ранних стадиях обработки, а размер семьи — на более поздних этапах, что говорит о его семантической природе, а именно, на пост-лексическом этапе обработки

активируются все однокоренные слова данного стимула. Кроме того, слово, относящееся к семье, в которой большинство членов высокочастотны, опознается быстрее слова, относящегося к семье, в которой мало частотных представителей (Moscoso del Prado Martín et al., 2004). По-видимому, в высокочастотной семье связи между однокоренными словами и их корнем являются более прочными, что обеспечивает более эффективную обработку слов с такими корнями.

Информационный подход. Несмотря на подтвержденные значимые эффекты частотности словоформы, лексемы и семьи, более успешными предикторами времени реакции в задаче лексического решения и паттернов движений глаз при чтении оказываются меры, учитывающие не только частотность единицы МЛ как таковой, но и соотношение этой частотности с частотностями других единиц и частотностями определенных словоизменительных и словообразовательных моделей, а также количество передаваемой ею информации. Такими мерами являются *словообразовательная энтропия* (англ. *derivational entropy*), *словоизменительная энтропия* (англ. *inflectional entropy*), а также *количество информации*, передаваемое конкретной словоформой.

Количество информации, передаваемое конкретной словоформой, вычисляется по формуле (3), где t соответствует конкретной словоформе, F_m — частотность словоформы t , R_m — количество значений / функций данной словоформы, M — количество различных словоформ данной лексемы. Эта мера отражает семантическую нагруженность конкретной словоформы по отношению к другим словоформам данной лексемы и предопределяет скорость ее обработки (Kostić, Mirković, 2002; Kostić, Havelka, 2002; Ševa, Kostić, 2003).

Словоизменительная энтропия для конкретного слова вычисляется исходя из частотности его словоформ по формуле (1), где $f(w)$ соответствует лексемной частотности слова w , а $f(w_i)$ — частотности конкретной словоформы w_i (Milin et al., 2009). При этом различными w_i считаются только те словоформы, которые выглядят различно. Иначе говоря, при подсчете словоизменительной энтропии слово *кошке*, которое может являться как словоформой дательного, так и предложного падежа, будет считаться как одна w_i , а $f(w_i)$ будет соответствовать кумулятивной частотности ее употреблений как дательного, так и предложного падежей.

$$H = - \sum_{i=1}^n \frac{f(w_i)}{f(w)} \log_2 \frac{f(w_i)}{f(w)} \quad (1)$$

$$D(IP || IC) = \sum_{i \in P} f(w_i) / f(w) \log_2 \frac{f(w_i) / f(w)}{f(e_i) / f(e)} \quad (2)$$

$$I_m = \left[- \log_2 \left(\frac{\frac{F_m}{R_m}}{\sum_{m=1}^M \frac{F_m}{R_m}} \right) \right] \quad (3)$$

Кроме того, при изучении словоизменения учитывается также относительная энтропия между распределением словоизменительной парадигмы и распределением словоизменительного класса, вычисляемая по формуле (2), где $f(w)$ соответствует лексемной частотности слова w , $f(w_i)$ — частотности конкретной словоформы w_i , $f(e_i)$ — суммарная частотность всех словоформ в той же форме, что и w_i , относящихся к тому же словоизменительному классу, что и данная лексема, а $f(e)$ — суммарная частотность всех словоформ всех лексем, относящихся к данному словоизменительному классу. На опознание конкретного слова влияют как распределение словоформ в рамках парадигмы данной лексемы (что отражено количественно в словоизменительной энтропии), так и распределение словоформ с данным показателем в рамках данного словоизменительного класса. Если эти два распределения различаются между собой, обработка слова оказывается затрудненной (Milin et al., 2009).

Словообразовательная энтропия вычисляется аналогично словоизменительной, только исходя из частотностей лексем, содержащих данный корень. Ее влияние на опознание также было зафиксировано в ряде работ (Moscoso del Prado Martín et al., 2004; Baayen et al., 2006). Влияние таких мер, как словоизменительная и словообразовательная энтропия, на опознание слова предполагает парадигматическую организацию хранения слов в МЛ, что по сути возвращает нас к архитектуре МЛ, напоминающей сетевую модель Дж. Байби (Bybee, 1985; 1995) и пока находит слабое отражение в современных моделях гибридного типа.

Заключение

На настоящий момент не существует общепринятой точки зрения ни на то, каким образом организовано хранение языковых единиц в МЛ, ни на то, как происходит обработка языковых единиц при зрительном восприятии. Кроме того, модели, строящиеся для объяснения понимания, могут слабо соотноситься с моделями, призванными объяснить процессы при порождении речи. Тем не менее можно выделить некоторые тенденции в современных подходах к морфологии в МЛ, а именно: сосуществование двух путей доступа (поморфемного и цельнословного), хранение репрезентаций отдельных морфем, наличие уровня единиц, промежуточных между фонологическим / графическим и семантическим / концептуальным представлениями.

Если сначала многие предположения формулировались на материале английского языка и при этом претендовали на универсальность, то сейчас все больше говорят об индивидуальной специфичности каждого языка и невозможности построить такую архитектуру МЛ, которая подходила бы под данные любого языка. Однако на данный момент большинство исследований, посвященных морфологии, проводится на материале европейских языков, таких как английский, немецкий, нидерландский, французский, итальянский, испанский, сербский. Если говорить об исследованиях русского МЛ, то больше внимания уделяется глагольному словоизменению по сравнению с именным, словоизменению по сравнению со словообразованием.

Для изучения роли морфологии в МЛ психолингвисты и экспериментальные психологи разработали множество методов, среди которых поведенческие являются по-прежнему востребованными и актуальными. Поведенческие методики позволяют изучать процессы обработки слов при понимании и порождении с учетом различных факторов, связанных с морфемной структурой: таких как частотные характеристики морфологически релевантных единиц (морфем, словоформ), степень семантической прозрачности морфемного комплекса, словоизменение / словообразование и т.д. Важным этапом в изучении морфологии в МЛ выступает создание вспомогательных средств: доступных и обширных баз данных, аккумулирующих информацию о частотности словоформы и лексемы, количестве соседей для конкретного слова, размере и частотности морфологической семьи, к которой принадлежит данное слово, а также программ автоматического создания псевдослов; для некоторых европейских языков шаги в этом направлении уже были сделаны (см., например, базы данных CELEX для английского, нидерландского и немецкого языков (Baayen et al., 1995) и Lexique для французского языка (New et al., 2001), программу Wuggy (Keuleers & Brysbaert, 2010), работающую с английским, баскским, немецким, нидерландским, французским и сербским языками).

Возможным направлением дальнейшего развития этой области видится охват большего количества языков разных языковых семей, уделение большего внимания индивидуальным различиям, а также создание и апробация моделей, которые будут фокусироваться в равной степени как на порождении, так и на понимании речи в различных модальностях.

Литература

Свистунова Т.И. Организация ментального лексикона: формирование в онтогенезе и распад при нарушениях языковой системы глагольной словоизменительной морфологии (экспериментальное исследование): дис. ... канд. филол. наук. Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, 2008.

Секерина И.А. Психолингвистика // Фундаментальные направления современной американской лингвистики. / Под ред. А.А. Кибрика, И.М. Кобозевой, И.А. Секериной. Издательство МГУ, 1997. С. 231–260.

Трейсман Э. Объекты и их свойства в зрительном восприятии человека // В мире науки. 1987. № 1. С. 68–78.

Черниговская Т.В., Гор К., Свистунова Т.И., Петрова Т.Е., Храковская М.Г. Ментальный лексикон при распаде языковой системы у больных с афазией: экспериментальное исследование глагольной морфологии // Вопросы языкознания. 2009. № 5. С. 3–17.

Allen M., Badecker W. Inflectional regularity: Probing the nature of lexical representation in a cross-modal priming task // Journal of Memory and Language. 2002. Vol. 46. No. 4. P. 705–722. doi: 10.1006/jmla.2001.2831

Allen M., Badecker W. Stem homographs and lemma level representations // Brain and Language. 2002. Vol. 81. No. 1. P. 79–88. doi: 10.1006/brln.2001.2508

Baayen R.H. Experimental and psycholinguistic approaches to studying derivation // Handbook of derivational morphology. / R. Lieber, P. Stekauer (Eds.). Oxford: Oxford University Press, 2014. P. 95–117.

Baayen R.H., Dijkstra T., Schreuder R. Singulars and plurals in Dutch: Evidence for a parallel dual-route model // Journal of Memory and Language. 1997. Vol. 37. No. 1. P. 94–117. doi: 10.1006/jmla.1997.2509

Baayen R.H., Feldman L.B., Schreuder R. Morphological influences on the recognition of monosyllabic monomorphemic words // Journal of Memory and Language. 2006. Vol. 55. No. 2. P. 290–313. doi: 10.1016/j.jml.2006.03.008

Baayen R.H., Piepenbrock R., Gulikers L. The CELEX lexical database (CD-ROM). Philadelphia, PA: Linguistic Data Consortium, University of Pennsylvania, 1995.

Badecker W., Allen M. Morphological parsing and the perception of lexical identity: A masked priming study of stem homographs // Journal of Memory and Language. 2002. Vol. 47. No. 1. P. 125–144. doi: 10.1006/jmla.2001.2838

Bentin S., Feldman L.B. The contribution of morphological and semantic relatedness to repetition priming at short and long lags: Evidence from Hebrew // The Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1990. Vol. 42. No. 4. P. 693–711. doi: 10.1080/14640749008401245

Bertinetto P.M., Jetchev G. Lexical access in Bulgarian: nouns and adjectives with and without floating vowels // Catalan Journal of Linguistics. 2005. Vol. 4. P. 171–198.

Bertram R., Kuperman V., Baayen R.H., Hyönä J. The hyphen as a segmentation cue in triconstituent compound processing: It's getting better all the time // Scandinavian journal of psychology. 2011. Vol. 52. No. 6. P. 530–544. doi: 10.1111/j.1467-9450.2011.00914.x

Beyersmann E., Duñabeitia J.A., Carreiras M., Coltheart M., Castles A. Early morphological decomposition of suffixed words: Masked priming evidence with transposed-letter nonword primes // Applied Psycholinguistics. 2013. Vol. 34. No. 05. P. 869–892. doi: 10.1017/S0142716412000057

Bien H., Baayen R.H., Levelt W.J. Frequency effects in the production of Dutch deverbal adjectives and inflected verbs // Language and Cognitive Processes. 2011. Vol. 26. No. 4–6. P. 683–715. doi: 10.1080/01690965.2010.511475

Bien H., Levelt W.J., Baayen R.H. Frequency effects in compound production // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2005. Vol. 102. No. 49. P. 17876–17881. doi: 10.1080/01690965.2010.511475

Bölte J., Zwitserlood P., Dohmes P. Morphology in experimental speech production research // Multidisciplinary Approaches to Language Production / T. Pechmann, C. Habel (Eds.). Berlin: Mouton de Gruyter, 2004. P. 431–472.

Boyce S., Browman C., Goldstein L. Lexical organization and Welsh consonant mutations // Journal of Memory and Language. 1987. Vol. 26. No. 4. P. 419–452. doi: 10.1016/0749-596X(87)90100-8

Bradley D. Lexical representation of derivational relation // Juncture / M. Aronoff, M.-L. Kean (Eds.). Saratoga, CA: Anma Libri, 1980. P. 37–55.

Burani C., Dovetto F.M., Spuntarelli A., Thornton A.M. Morpholexical access and naming: The semantic interpretability of new root-suffix combinations // Brain and Language. 1999. Vol. 68. No. 1–2. P. 333–339. doi: 10.1006/brln.1999.2073

Burani C., Marcolini S., Stella G. How early does morpholexical reading develop in readers of a shallow orthography? // Brain and Language. 2002. Vol. 81. No. 1. P. 568–586. doi: 10.1006/brln.2001.2548

Butterworth B. Lexical representation // Language production. Vol. 2. Development, Writing and Other Language processes. London: Academic Press, 1983. P. 257–294.

Bybee J.L. Morphology: A study of the relation between meaning and form. Philadelphia, PA: John Benjamins Publishing, 1985. doi: 10.1075/tsl.9

Bybee J.L. Regular morphology and the lexicon // Language and Cognitive Processes. 1995. Vol. 10. No. 5. P. 425–455. doi: 10.1080/01690969508407111

Caramazza A., Laudanna A., Romani C. Lexical access and inflectional morphology // Cognition. 1988. Vol. 28. No. 3. P. 297–332. doi: 10.1016/0010-0277(88)90017-0

Caramazza A., Miozzo M. The relation between syntactic and phonological knowledge in lexical access: evidence from the 'tip-of-the-tongue' phenomenon // Cognition. 1997. Vol. 64. No. 3. P. 309–343. doi: 10.1016/S0010-0277(97)00031-0

Carello C., Lukatela G., Turvey M. Rapid naming is affected by association but not by syntax // Memory & Cognition. 1988. Vol. 16. No. 3. P. 187–195. doi: 10.3758/BF03197751

- Christianson K., Johnson R.L., Rayner K. Letter transpositions within and across morphemes // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2005. Vol. 31. No. 6. P. 1327–1339. doi: 10.1037/0278-7393.31.6.1327
- Colé P., Beauvillain C., Pavard B., Segui J. Organisation morphologique et accès au lexique // *L'année psychologique*. 1986. Vol. 86. No. 3. P. 349–365. doi: 10.3406/psy.1986.29154
- Colé P., Beauvillain C., Segui J. On the representation and processing of prefixed and suffixed derived words: A differential frequency effect // *Journal of Memory and Language*. 1989. Vol. 28. No. 1. P. 1–13. doi: 10.1016/0749-596X(89)90025-9
- Coltheart M., Rastle K., Perry C., Langdon R., Ziegler J. DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud // *Psychological Review*. 2001. Vol. 108. No. 1. P. 204–256. doi: 10.1037/0033-295X.108.1.204
- Crepaldi D., Rastle K., Davis C.J. Morphemes in their place: Evidence for position-specific identification of suffixes // *Memory & Cognition*. 2010. Vol. 38. No. 3. P. 312–321. doi: 10.3758/MC.38.3.312
- Crepaldi D., Rastle K., Davis C.J., Lupker S.J. Seeing stems everywhere: Position-independent identification of stem morphemes // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2013. Vol. 39. No. 2. P. 510–525. doi: 10.1037/a0029713
- Deutsch A., Frost R., Pelleg S., Pollatsek A., Rayner K. Early morphological effects in reading: Evidence from parafoveal preview benefit in Hebrew // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2003. Vol. 10. No. 2. P. 415–422. doi: 10.3758/BF03196500
- Deutsch A., Meir A. The role of the root morpheme in mediating word production in Hebrew // *Language and Cognitive Processes*. 2011. Vol. 26. No. 4–6. P. 716–744. doi: 10.1080/0169096-5.2010.496238
- Diependaele K., Brysbaert M., Neri P. How noisy is lexical decision? // *Frontiers in Psychology*. 2012. Vol. 3. P. 348. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00348
- Diependaele K., Morris J., Serota R.M., Bertrand D., Grainger J. Breaking boundaries: Letter transpositions and morphological processing // *Language and Cognitive Processes*. 2013. Vol. 28. No. 7. P. 988–1003. doi: 10.1080/01690965.2012.719082
- Diependaele K., Sandra D., Grainger J. Masked cross-modal morphological priming: Unravelling morpho-orthographic and morpho-semantic influences in early word recognition // *Language and Cognitive Processes*. 2005. Vol. 20. No. 1–2. P. 75–114. doi: 10.1080/01690960444000197
- Diependaele K., Sandra D., Grainger J. Semantic transparency and masked morphological priming: The case of prefixed words // *Memory & Cognition*. 2009. Vol. 37. No. 6. P. 895–908. doi: 10.3758/MC.37.6.895
- Dohmes P., Zwitserlood P., Bölte J. The impact of semantic transparency of morphologically complex words on picture naming // *Brain and Language*. 2004. Vol. 90. No. 1. P. 203–212. doi: 10.1016/S0093-934X(03)00433-4
- Downing P. On the creation and use of English compound nouns // *Language*. 1977. Vol. 53. No. 4. P. 810–842. doi: 10.2307/412913
- Duñabeitia J.A., Kinoshita S., Carreiras M., Norris D. Is morpho-orthographic decomposition purely orthographic? Evidence from masked priming in the same-different task // *Language and Cognitive Processes*. 2011. Vol. 26. No. 4–6. P. 509–529. doi: 10.1080/01690965.2010.499215
- Duñabeitia J.A., Perea M., Carreiras M. Do transposed-letter similarity effects occur at a morpheme level? Evidence for morpho-orthographic decomposition // *Cognition*. 2007. Vol. 105. No. 3. P. 691–703. doi: 10.3758/s13423-014-0609-2
- Duñabeitia J.A., Perea M., Carreiras M. Revisiting letter transpositions within and across morphemic boundaries // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2014. Vol. 21. No. 6. P. 1557–1575.
- Feldman L.B. Morphological relationships revealed through the repetition priming task // *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research*. 1990. P. 101–109. URL: http://www.haskins.yale.edu/sr/SR101/SR101_07.pdf.
- Feldman L.B., Bentin S. Morphological analysis of disrupted morphemes: Evidence from Hebrew // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1994. Vol. 47A. No. 2. P. 407–435.
- Feldman L.B., Fowler C.A. The inflected noun system in Serbo-Croatian: Lexical representation of morphological structure // *Memory & Cognition*. 1987. Vol. 15. No. 1. P. 1–12. doi: 10.3758/BF03197707
- Feldman L.B., Moskovljević J. Repetition priming is not purely episodic in origin // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1987. Vol. 13. No. 4. P. 573–581. doi: 10.1037/0278-7393.13.4.573
- Feldman L.B., O'Connor P.A., Moscoso del Prado Martín F. Early morphological processing is morphosemantic and not simply morpho-orthographic: A violation of form-then-meaning accounts of word recognition // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2009. Vol. 16. No. 4. P. 684–691. doi: 10.3758/PBR.16.4.684
- Feldman L.B., Prostko B. Graded aspects of morphological processing: Task and processing time // *Brain and Language*. 2002. Vol. 81. No. 1. P. 12–27. doi: 10.1006/brln.2001.2503
- Feldman L.B., Soltano E.G., Pastizzo M.J., Francis S.E. What do graded effects of semantic transparency reveal about morphological processing? // *Brain and Language*. 2004. Vol. 90. No. 1. P. 17–30. doi: 10.1016/S0093-934X(03)00416-4
- Ferrari F., Kacirik N. Linearity and word internal structure in the visual processing of Italian complex words // *University of Pennsylvania Working Papers in Linguistics*. 2014. Vol. 20. No. 1. P. 11. URL: <http://repository.upenn.edu/pwpl/vol20/iss1/11>
- Forster K.I. Accessing the mental lexicon // *New approaches to language mechanisms*. / R. Wales, E. Walker (Eds.). Amsterdam: North-Holland Publ., 1976. P. 257–287.
- Forster K.I., Azuma T. Masked priming for prefixed words with bound stems: Does submit prime permit? // *Language and Cognitive Processes*. 2000. Vol. 15. No. 4–5. P. 539–561. doi: 10.1080/01690960050119698
- Fowler C.A., Napps S.E., Feldman L. Relations among regular and irregular morphologically related words in the lexicon as revealed by repetition priming // *Memory & Cognition*. 1985. Vol. 13. No. 3. P. 241–255. doi: 10.3758/BF03197687
- Frauenfelder U.H., Schreuder R. Constraining psycholinguistic models of morphological processing and representation: The role of productivity // *Yearbook of morphology*. / G. Booij, J. van Marle (Eds.). Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1992. P. 165–183. doi: 10.1007/978-94-011-2516-1_10
- Giraud H. Un modèle supralexical de représentation de la morphologie dérivationnelle en français // *L'année psychologique*. 2005. Vol. 105. No. 1. P. 171–195. doi: 10.3406/psy.2005.3825
- Giraud H., Grainger J. Effects of prime word frequency and cumulative root frequency in masked morphological priming // *Language and Cognitive Processes*. 2000. Vol. 15. No. 4–5. P. 421–444. doi: 10.1080/01690960050119652
- Giraud H., Voga M. Prefix units within the mental lexicon // *LINCOM Studies in Theoretical Linguistics 51 (LSTL 51)*. Morphology in Toulouse. Selected Proceedings of Decembrettes 7. / N. Hathout, F. Montermini, J. Tseng (Eds.). 2013. P. 61–78.
- Giraud H., Voga M. Measuring morphology: the tip of the iceberg? A retrospective on 10 years of morphological processing // *Cahiers de Grammaire, Equipe de Recherche en Syntaxe et Sémantique (ERSS)*. 2014. P. 000.
- Grainger J., Segui J. Neighborhood frequency effects in visual word recognition: A comparison of lexical decision and masked identification latencies // *Perception & Psychophysics*. 1990. Vol. 47. No. 2. P. 191–198. doi: 10.3758/BF03205983
- Heide J. Warum vertragen anders ist als vergiften und vergessen Ein Einblick in unser mentales Lexikon // *Spektrum Patholinguistik 3*. / M. Wahl, C. Stahn, S. Hanne, T. Fritzsche (Eds.). Universitätsverlag Potsdam, 2010. P. 71–88.
- Huang Y.T., Pinker S. Lexical semantics and irregular inflection // *Language and Cognitive Processes*. 2010. Vol. 25. No. 10. P. 1411–1461. doi: 10.1080/016909610035894-76
- Hyönä J., Laine M., Niemi J. Effects of a word's morphological complexity on readers' eye fixation patterns // *Eye movement research: Mechanisms, processes and applications*. Visual information processing, Vol. 6. / J. Findlay, R. Walker, R. Kentridge (Eds.). Amsterdam: North-Holland, 1995. P. 445–452.
- Janssen D.P., Bordag D., Pechmann T. Morphological encoding and morphological structures in German // *Multidisciplinary Approaches to Language Production*. / T. Pechmann, C. Habel (Eds.). Berlin: Mouton de Gruyter, 2004. P. 473–528.

- Järvikivi J., Niemi J. Form-based representation in the mental lexicon: Priming (with) bound stem allomorphs in Finnish // *Brain and Language*. 2002. Vol. 81. No. 1. P. 412–423. doi: 10.1006/brln.2001.2534
- Juhasz B.J., Berkowitz R.N. Effects of morphological families on English compound word recognition: A multitask investigation // *Language and Cognitive Processes*. 2011. Vol. 26. No. 4–6. P. 653–682. doi: 10.1080/01690965.2010.498668
- Juhasz B.J., Pollatsek A., Hyönä J., Drieghe D., Rayner K. Parafoveal processing within and between words // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2009. Vol. 62. No. 7. P. 1356–1376. doi: 10.1080/17470210802400010
- Kambe G. Parafoveal processing of prefixed words during eye fixations in reading: Evidence against morphological influences on parafoveal preprocessing // *Perception & Psychophysics*. 2004. Vol. 66. No. 2. P. 279–292. doi: 10.3758/BF03194879
- Kazanina N., Dukova-Zheleva G., Geber D., Kharlamov V., Tonciulescu K. Decomposition into multiple morphemes during lexical access: A masked priming study of Russian nouns // *Language and Cognitive Processes*. 2008. Vol. 23. No. 6. P. 800–823. doi: 10.1080/01690960701799635
- Kehayia E., Jarema G. Morphological priming (or priming?) of inflected verb forms: A comparative study // *Journal of Neurolinguistics*. 1994. Vol. 8. No. 2. P. 83–94. doi: 10.1016/0911-6044(94)90018-3
- Keuleers E., Brysbaert M. Wuggy: A multilingual pseudo-word generator // *Behavior Research Methods*. 2010. Vol. 42. No. 3. P. 627–633. doi: 10.3758/BRM.42.3.627
- Kostić A., Havelka J. Processing of verb tense // *Psihologija*. 2002. Vol. 35. No. 3–4. P. 299–316. doi: 10.2298/PSI0203299K
- Kostić A., Mirković J. Processing of inflected nouns and levels of cognitive sensitivity // *Psihologija*. 2002. Vol. 35. No. 3–4. P. 287–297. doi: 10.2298/PSI0203287K
- Kuperman V., Bertram R., Baayen R.H. Morphological dynamics in compound processing // *Language and Cognitive Processes*. 2008. Vol. 23. No. 7–8. P. 1089–1132. doi: 10.1080/01690960802193688
- Kuperman V., Bertram R., Baayen R.H. Processing trade-offs in the reading of Dutch derived words // *Journal of Memory and Language*. 2010. Vol. 62. No. 2. P. 83–97. doi: 10.1016/j.jml.2009.10.001
- Kuperman V., Drieghe D., Keuleers E., Brysbaert M. How strongly do word reading times and lexical decision times correlate? Combining data from eye movement corpora and megastudies // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2013. Vol. 66. No. 3. P. 563–580. doi: 10.1080/17470218.2012.658820
- Kuperman V., Schreuder R., Bertram R., Baayen R.H. Reading polymorphemic Dutch compounds: toward a multiple route model of lexical processing // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2009. Vol. 35. No. 3. P. 876–895. doi: 10.1037/a0013484
- Laudanna A., Burani C., Cermelo A. Prefixes as processing units // *Language and Cognitive Processes*. 1994. Vol. 9. No. 3. P. 295–316. doi: 10.1080/01690969408402121
- Levelt W.J., Roelofs A., Meyer A.S. A theory of lexical access in speech production // *Behavioral and Brain Sciences*. 1999. Vol. 22. No. 01. P. 1–38. doi: 10.1017/S0140525X99001776
- Libben G. Morphological parsing and morphological structure // *Reading complex words* / A. Egbert, D. Sandra (Eds.). Amsterdam: Kluwer, 2003. P. 221–239. doi: 10.1007/978-1-4757-3720-2_10
- Libben G., Weber S. Semantic transparency, compounding, and the nature of independent variables // *Morphology and Meaning: Selected papers from the 15th International Morphology Meeting*, Vienna, February 2012. / F. Rainer, F. Gardani, H. C. Luschützky, W. U. Dressler (Eds.). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company, 2012. P. 205–221.
- Lima S.D. Morphological analysis in sentence reading // *Journal of Memory and Language*. 1987. Vol. 26. No. 1. P. 84–99. doi: 10.1016/0749-596X(87)90064-7
- Lima S.D., Pollatsek A. Lexical access via an orthographic code? The basic orthographic syllabic structure (BOSS) reconsidered // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1983. Vol. 22. No. 3. P. 310–332. doi: 10.1016/S0022-5371(83)90215-3
- Longtin C.-M., Meunier F. Morphological decomposition in early visual word processing // *Journal of Memory and Language*. 2005. Vol. 53. No. 1. P. 26–41. doi: 10.1016/j.jml.2005.0-2.008
- Longtin C.-M., Segui J., Halle P.A. Morphological priming without morphological relationship // *Language and Cognitive Processes*. 2003. Vol. 18. No. 3. P. 313–334. doi: 10.1080/01690960244000036
- Lukatela G., Gligorićević B., Kostić A., Turvey M.T. Representation of inflected nouns in the internal lexicon // *Memory & Cognition*. 1980. Vol. 8. No. 5. P. 415–423. doi: 10.3758/BF03211138
- Lukatela G., Kostić A., Feldman L.B., Turvey M.T. Grammatical priming of inflected nouns // *Memory & Cognition*. 1983. Vol. 11. No. 1. P. 59–63. doi: 10.3758/BF03197662
- MacKay D.G. Derivational rules and the internal lexicon // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1978. Vol. 17. No. 1. P. 61–71. doi: 10.1016/S0022-5371(78)90529-7
- Manelis L., Tharp D.A. The processing of affixed words // *Memory & Cognition*. 1977. Vol. 5. No. 6. P. 690–695. doi: 10.3758/BF03197417
- Manouilidou C. Thematic constraints in deverbal word formation: psycholinguistic evidence from pseudo-words // *Proceedings of the 7th International Conference on Greek Linguistics*. UK: University of York, 2007.
- Marjanović K., Manouilidou C., Marvin T. Word-formation rules in Slovenian agentive deverbal nominalization: A psycholinguistic study based on pseudo-words // *Slovene Linguistic Studies*. 2013. Vol. 9. P. 93–109.
- Marslen-Wilson W.D. Access and integration: Projecting sound onto meaning // *Lexical representation and process*. / W.D. Marslen-Wilson (Ed.). Cambridge, MA: The MIT Press, 1989. P. 3–24.
- Marslen-Wilson W.D., Bozic M., Randall B. Early decomposition in visual word recognition: Dissociating morphology, form, and meaning // *Language and Cognitive Processes*. 2008. Vol. 23. No. 3. P. 394–421. doi: 10.1080/01690960701588004
- Marslen-Wilson W.D., Ford M., Older L., Xiaolin Z. The combinatorial lexicon: Priming derivational affixes // *Proceedings of the Eighteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society: July 12–15, 1996*, University of California, San Diego. / G. W. Cottrell (Ed.). NJ: Erlbaum, 1996. P. 223–227.
- Marslen-Wilson W.D., Tyler L.K., Waksler R., Older L. Morphology and meaning in the English mental lexicon // *Psychological Review*. 1994. Vol. 101. No. 1. P. 3–33. doi: 10.1037/0033-295X.101.1.3
- McClelland J.L., Patterson K. Rules or connections in past-tense inflections: What does the evidence rule out? // *Trends in Cognitive Sciences*. 2002. Vol. 6. No. 11. P. 465–472. doi: 10.1016/S1364-6613(02)01993-9
- McClelland J.L., Rumelhart D.E. An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings // *Psychological Review*. 1981. Vol. 88. No. 5. P. 375–407. doi: 10.1037/0033-295X.88.5.375
- McCormick S.F., Rastle K., Davis M.H. Is there a 'fete' in 'fetish'? Effects of orthographic opacity on morpho-orthographic segmentation in visual word recognition // *Journal of Memory and Language*. 2008. Vol. 58. No. 2. P. 307–326. doi: 10.1016/j.jml.2007.05.006
- Meunier F., Longtin C.-M. Morphological decomposition and semantic integration in word processing // *Journal of Memory and Language*. 2007. Vol. 56. No. 4. P. 457–471. doi: 10.1016/j.jml.2006.11.005
- Meunier F., Segui J. Morphological priming effect: The role of surface frequency // *Brain and Language*. 1999. Vol. 68. No. 1. P. 54–60. doi: 10.1006/brln.1999.2098
- Meyer A.S. The time course of phonological encoding in language production: The encoding of successive syllables of a word // *Journal of Memory and Language*. 1990. Vol. 29. No. 5. P. 524–545. doi: 10.1016/0749-596X(90)90050-A
- Meyer A.S. The time course of phonological encoding in language production: Phonological encoding inside a syllable // *Journal of Memory and Language*. 1991. Vol. 30. No. 1. P. 69–89. doi: 10.1016/0749-596X(91)90011-8

- Milin P., Đurđević D.F., Moscoso del Prado Martín F.* The simultaneous effects of inflectional paradigms and classes on lexical recognition: Evidence from Serbian // *Journal of Memory and Language*. 2009. Vol. 60. No. 1. P. 50–64. doi: [10.1016/j.jml.2008.08.007](https://doi.org/10.1016/j.jml.2008.08.007)
- Morton J.* Interaction of information in word recognition // *Psychological Review*. 1969. Vol. 76. No. 2. P. 165–178. doi: [10.1037/h0027366](https://doi.org/10.1037/h0027366)
- Morton J.* A functional model for memory // *Models of human memory* / D. Norman (Ed.). New York: Academic Press, 1970. P. 203–254.
- Moscoso del Prado Martín F., Kostić A., Baayen R. H.* Putting the bits together: An information theoretical perspective on morphological processing // *Cognition*. 2004. Vol. 94. No. 1. P. 1–18. doi: [10.1016/j.cognition.2003.10.015](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.10.015)
- New B., Pallier C., Ferrand L., Matos R.* Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE [A lexical database on the internet for contemporary French: LEXIQUE] // *L'Année Psychologique*. 2001. Vol. 101. No. 3. P. 447–462.
- Pastizzo M. J., Feldman L. B.* Morphological processing: A comparison between free and bound stem facilitation // *Brain and Language*. 2004. Vol. 90. No. 1. P. 31–39. doi: [10.1016/S0093-934X\(03\)00417-6](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(03)00417-6)
- Paterson K. B., Alcock A., Liversedge S. P.* Morphological priming during reading: Evidence from eye movements // *Language and Cognitive Processes*. 2011. Vol. 26. No. 4–6. P. 600–623. doi: [10.1080/01690965.2010.485392](https://doi.org/10.1080/01690965.2010.485392)
- Pinker S.* Words and rules: The ingredients of language. New York: HarperCollins Publishers, 1999.
- Plaut D. C., Gonnerman L. M.* Are non-semantic morphological effects incompatible with a distributed connectionist approach to lexical processing? // *Language and Cognitive Processes*. 2000. Vol. 15. No. 4–5. P. 445–485. doi: [10.1080/01690960050119661](https://doi.org/10.1080/01690960050119661)
- Pollatsek A., Drieghe D., Stockall L., de Almeida R. G.* The interpretation of ambiguous trimorphemic words in sentence context // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2010. Vol. 17. No. 1. P. 88–94. doi: [10.3758/PBR.17.1.88](https://doi.org/10.3758/PBR.17.1.88)
- Pollatsek A., Hyönä J.* The role of semantic transparency in the processing of Finnish compound words // *Language and Cognitive Processes*. 2005. Vol. 20. No. 1–2. P. 261–290. doi: [10.1080/01690960444000098](https://doi.org/10.1080/01690960444000098)
- Rapp B. C.* The nature of sublexical orthographic organization: The bigram trough hypothesis examined // *Journal of Memory and Language*. 1992. Vol. 31. No. 1. P. 33–53. doi: [10.1016/0749-596X\(92\)90004-H](https://doi.org/10.1016/0749-596X(92)90004-H)
- Rastle K., Davis M. H., Marslen-Wilson W. D., Tyler L. K.* Morphological and semantic effects in visual word recognition: A time-course study // *Language and Cognitive Processes*. 2000. Vol. 15. No. 4–5. P. 507–537. doi: [10.1080/01690960050119689](https://doi.org/10.1080/01690960050119689)
- Raveh M.* The contribution of frequency and semantic similarity to morphological processing // *Brain and Language*. 2002. Vol. 81. No. 1. P. 312–325. doi: [10.1006/brln.2001.2527](https://doi.org/10.1006/brln.2001.2527)
- Raveh M., Rueckl J. G.* Equivalent effects of inflected and derived primes: Long-term morphological priming in fragment completion and lexical decision // *Journal of Memory and Language*. 2000. Vol. 42. No. 1. P. 103–119. doi: [10.1006/jmla.1999.2673](https://doi.org/10.1006/jmla.1999.2673)
- Rayner K., White S. J., Johnson R. L., Liversedge S. P.* Reading words with jumbled letters. There is a cost // *Psychological Science*. 2006. Vol. 17. No. 3. P. 192–193. doi: [10.1111/j.1467-9280.2006.01684.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01684.x)
- Reid A. A., Marslen-Wilson W. D.* Complexity and alternation in the Polish mental lexicon // *ISCA Tutorial and Research Workshop (ITRW) on Spoken Word Access Processes*. Nijmegen, The Netherlands: 2000.
- Roelofs A.* A spreading-activation theory of lemma retrieval in speaking // *Cognition*. 1992. Vol. 42. No. 1. P. 107–142. doi: [10.1016/0010-0277\(92\)90041-F](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90041-F)
- Roelofs A.* Serial order in planning the production of successive morphemes of a word // *Journal of Memory and Language*. 1996. Vol. 35. No. 6. P. 854–876. doi: [10.1006/jmla.1996.0044](https://doi.org/10.1006/jmla.1996.0044)
- Roelofs A., Baayen H.* Morphology by itself in planning the production of spoken words // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2002. Vol. 9. No. 1. P. 132–138. doi: [10.3758/BF031962-69](https://doi.org/10.3758/BF031962-69)
- Roelofs A., Meyer A. S., Levelt W. J.* A case for the lemma/lexeme distinction in models of speaking: Comment on Caramazza and Miozzo (1997) // *Cognition*. 1998. Vol. 69. No. 2. P. 219–230.
- Rouibah A., Taft M.* The role of syllabic structure in French visual word recognition // *Memory & Cognition*. 2001. Vol. 29. No. 2. P. 373–381. doi: [10.3758/BF03194932](https://doi.org/10.3758/BF03194932)
- Rueckl J. G., Rimzhim A.* On the interaction of letter transpositions and morphemic boundaries // *Language and cognitive processes*. 2011. Vol. 26. No. 4–6. P. 482–508. doi: [10.1080/0169-0965.2010.500020](https://doi.org/10.1080/0169-0965.2010.500020)
- Sahel S., Nottbusch G., Grimm A., Weingarten R.* Written production of German compounds: Effects of lexical frequency and semantic transparency // *Written Language & Literacy*. 2008. Vol. 11. No. 2. P. 211–227. doi: [10.1075/wll.11.2.06sah](https://doi.org/10.1075/wll.11.2.06sah)
- Sánchez-Casas R., Igoa J. M., García-Albea J. E.* On the representation of inflections and derivations: Data from Spanish // *Journal of Psycholinguistic Research*. 2003. Vol. 32. No. 6. P. 621–668. doi: [10.1023/A:1026123315293](https://doi.org/10.1023/A:1026123315293)
- Sandra D.* Morphology in the reader's mental lexicon. Duisburg Papers on Research in Language and Culture. Vol. 21. Frankfurt: P. Lang, 1994.
- Schreuder R.* Lexical processing of verbs with separable particles // *Yearbook of Morphology*, 3. / G. Booij, J. van Marle (Eds.). Dordrecht, Netherlands: Foris Publications, 1990. P. 65–79.
- Schreuder R., Baayen R. H.* Modelling morphological processing // *Morphological aspects of language processing* / L. B. Feldman (Ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1995. P. 131–156.
- Schreuder R., Baayen R. H.* How complex simplex words can be // *Journal of Memory and Language*. 1997. Vol. 37. No. 1. P. 118–139. doi: [10.1006/jmla.1997.2510](https://doi.org/10.1006/jmla.1997.2510)
- Schreuder R., Grendel M., Poulisse N., Roelofs A., van de Voort M.* Lexical processing, morphological complexity and reading // *Comprehension processes in reading* / D. A. Balota, G. B. Flores d'Arcais, K. Rayner (Eds.). New York: Routledge, 1990. P. 125–141.
- Schriefers H., Friederici A., Graetz P.* Inflectional and derivational morphology in the mental lexicon: Symmetries and asymmetries in repetition priming // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. Section A: Human Experimental Psychology*. 1992. Vol. 44. No. 2. P. 373–390.
- Seidenberg M. S.* Sublexical structures in visual word recognition: Access units or orthographic redundancy? // *Attention and performance XII: The psychology of reading* / M. Coltheart (Ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1987. P. 245–263.
- Seva N., Kostić A.* Annotated corpus and the empirical evaluation of probability estimates of grammatical forms // *Psihologija*. 2003. Vol. 36. No. 3. P. 255–270. doi: [10.2298/PSI0303255S](https://doi.org/10.2298/PSI0303255S)
- Smolik F.* Inflectional suffix priming in Czech verbs and nouns // *Proceedings of the 32nd annual conference of the Cognitive Science Society* / S. Ohlsson, R. Catrambone (Eds.). Austin, TX: Cognitive Science Society, 2010. P. 1667–1672.
- Smolka E., Preller K. H., Eulitz C.* 'Verstehen' ('understand') primes 'stehen' ('stand'): Morphological structure overrides semantic compositionality in the lexical representation of German complex verbs // *Journal of Memory and Language*. 2014. Vol. 72. P. 16–36. doi: [10.1016/j.jml.2013.12.002](https://doi.org/10.1016/j.jml.2013.12.002)
- Smolka E., Zwitserlood P., Rösler F.* Stem access in regular and irregular inflection: Evidence from German participles // *Journal of Memory and Language*. 2007. Vol. 57. No. 3. P. 325–347. doi: [10.1016/j.jml.2007.04.005](https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.04.005)
- Stanners R. F., Neiser J. J., Painton S.* Memory representation for prefixed words // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1979. Vol. 18. No. 6. P. 733–743. doi: [10.1016/S0022-5371\(79\)90439-0](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(79)90439-0)
- Steinberg D. D.* Phonology, reading, and Chomsky and Halle's optimal orthography // *Journal of Psycholinguistic Research*. 1973. Vol. 2. No. 3. P. 239–258. doi: [10.1007/BF01067104](https://doi.org/10.1007/BF01067104)

Taft M. Lexical access via an orthographic code: The basic orthographic syllabic structure (BOSS) // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1979a. Vol. 18. No.1. P. 21–39. doi: [10.1016/S0022-5371\(79\)90544-9](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(79)90544-9)

Taft M. Recognition of affixed words and the word frequency effect // *Memory & Cognition*. 1979b. Vol. 7. No.4. P. 263–272. URL: <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/MandC1979.PDF>. doi: [10.3758/BF03197599](https://doi.org/10.3758/BF03197599)

Taft M. Prefix stripping revisited // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1981. Vol. 20. No. 3. P. 289–297. URL: <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/JVLVB1981.PDF>. doi: [10.1016/S0022-5371\(81\)90439-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(81)90439-4)

Taft M. Morphographic processing: The BOSS re-emerges // *Attention and performance XII: The psychology of reading*. / M. Coltheart (Ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1987. P. 265–279. URL: <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/Taft1987.PDF>.

Taft M. Interactive-activation as a framework for understanding morphological processing // *Language and cognitive processes*. 1994. Vol. 9. No. 3. P. 271–294. doi: [10.1080/0169096940-8402120](https://doi.org/10.1080/0169096940-8402120)

Taft M., Forster K.I. Lexical storage and retrieval of prefixed words // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1975. Vol. 14. No. 6. P. 638–647. URL: <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/JVLVB-1975.PDF>. doi: [10.1016/S0022-5371\(75\)80051-X](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(75)80051-X)

Taft M., Forster K.I. Lexical storage and retrieval of polymorphemic and polysyllabic words // *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*. 1976. Vol. 15. No. 6. P. 607–620. URL: <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/JVLVB1976.PDF>. doi: [10.1016/0022-5371\(76\)90054-2](https://doi.org/10.1016/0022-5371(76)90054-2)

Taft M., Nguyen-Hoan M. A sticky stick? The locus of morphological representation in the lexicon // *Language and Cognitive Processes*. 2010. Vol. 25. No.2. P. 277–296. doi: [10.1080/01690960903043261](https://doi.org/10.1080/01690960903043261)

Taft M., Nilsen C. Morphological decomposition and the transposed-letter (TL) position effect // *Language and Cognitive Processes*. 2012. Vol. iFirst. P. 1–22. doi: [10.1080/01690965.2012.679662](https://doi.org/10.1080/01690965.2012.679662)

Treisman A.M. Attention and speech. PhD dissertation. University of Oxford, Oxford, 1961.

VanWagenen S., Pertsova K. Asymmetries in priming of verbal and nominal inflectional affixes in Russian // *UCLA Working Papers in Linguistics*. 2014. Vol. 18. P. 49–59. URL: <http://www.linguistics.ucla.edu/faciliti/wpl/issues/wpl18/papers/svwpertsova.pdf>.

Voga M., Giraud H. Pseudo-family size influences the processing of French inflections: evidence in favor of a supralexic account // *Selected Proceedings of the 6th Décembrettes: Morphology in Bordeaux* / F. Montermini, G. Boyé, J. Tseng (Eds.). Somerville, MA: Cascadilla Proceedings Project, 2009. P. 148–155.

White S.J., Johnson R.L., Liversedge S.P., Rayner K. Eye movements when reading transposed text: the importance of word-beginning letters // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2008. Vol. 34. No.5. P. 1261–1276. doi: [10.1037/0096-1523.34.5.1261](https://doi.org/10.1037/0096-1523.34.5.1261)

Will U., Nottbusch G., Weingarten R. Linguistic units in word typing: Effects of word presentation modes and typing delay // *Written Language & Literacy*. 2006. Vol. 9. No. 1. P. 153–176. doi: [10.1075/wll.9.1.10wil](https://doi.org/10.1075/wll.9.1.10wil)

Yang C. Knowledge and learning in natural language. Oxford: Oxford University Press, 2002.

Zwitsers P., Bölte J., Dohmes P. Morphological effects on speech production: Evidence from picture naming // *Language and Cognitive Processes*. 2000. Vol. 15. No.4–5. P. 563–591. doi: [10.1080/01690960050119706](https://doi.org/10.1080/01690960050119706)

Mental Lexicon: Where is Morphology Located?

Maria Vasilyeva

Department of Theoretical and Applied Linguistics, Faculty of Philology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The processing and storing of morphological information in the mental lexicon remains an issue of debate in psycholinguistics. In this paper, we try to provide an exhaustive overview of morphologically oriented mental lexicon models as well as of behavioral methods specifically designed to test those models. Since at the present moment none of the existing models is universally recognized, the paper lists some major morphological effects obtained in experimental studies that an ideal model should be able to explain.

Correspondence: Maria Vasilyeva, linellea@yandex.ru, Department of Theoretical and Applied Linguistics, Faculty of Philology, Lomonosov Moscow State University, 119991, Leninskije Gory, GSP-1, Moscow, Russia

Keywords: mental lexicon, morphemic structure, word processing, psycholinguistics

Copyright © 2014. Maria Vasilyeva. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Acknowledgments. I would like to thank Maria Falikman, Olga Fedorova, and two anonymous reviewers for valuable comments and suggestions.

Received 28 September 2014, accepted 23 December 2014.

References

- Allen, M., & Badecker, W. (2002). Inflectional regularity: Probing the nature of lexical representation in a cross-modal priming task. *Journal of Memory and Language*, 46(4), 705–722. doi: [10.1006/jmla.2001.2831](https://doi.org/10.1006/jmla.2001.2831)
- Allen, M., & Badecker, W. (2002). Stem homographs and lemma level representations. *Brain and Language*, 81(1), 79–88. doi: [10.1006/brln.2001.2508](https://doi.org/10.1006/brln.2001.2508)
- Baayen, R., Piepenbrock, R., & Gulikers, L. (1995). *The CELEX lexical database (CD-ROM)*. Philadelphia, PA: Linguistic Data Consortium, University of Pennsylvania.
- Baayen, R.H. (2014). Experimental and psycholinguistic approaches to studying derivation. In R. Lieber, & P. Stekauer (Eds.), *Handbook of derivational morphology* (pp. 95–117). Oxford: Oxford University Press.
- Baayen, R.H., Dijkstra, T., & Schreuder, R. (1997). Singulars and plurals in Dutch: Evidence for a parallel dual-route model. *Journal of Memory and Language*, 37(1), 94–117. doi: [10.1006/jmla.1997.2509](https://doi.org/10.1006/jmla.1997.2509)
- Baayen, R.H., Feldman, L.B., & Schreuder, R. (2006). Morphological influences on the recognition of monosyllabic monomorphemic words. *Journal of Memory and Language*, 55(2), 290–313. doi: [10.1016/j.jml.2006.03.008](https://doi.org/10.1016/j.jml.2006.03.008)
- Badecker, W., & Allen, M. (2002). Morphological parsing and the perception of lexical identity: A masked priming study of stem homographs. *Journal of Memory and Language*, 47(1), 125–144. doi: [10.1006/jmla.2001.2838](https://doi.org/10.1006/jmla.2001.2838)
- Bentin, S., & Feldman, L.B. (1990). The contribution of morphological and semantic relatedness to repetition priming at short and long lags: Evidence from Hebrew. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 42(4), 693–711. doi: [10.1080/14640749008401245](https://doi.org/10.1080/14640749008401245)
- Bertinetto, P.M., & Jetchev, G. (2005). Lexical access in Bulgarian: nouns and adjectives with and without floating vowels. *Catalan Journal of Linguistics*, 4, 171–198.
- Bertram, R., Kuperman, V., Baayen, R.H., & Hyönä, J. (2011). The hyphen as a segmentation cue in triconstituent compound processing: It's getting better all the time. *Scandinavian journal of psychology*, 52(6), 530–544. doi: [10.1111/j.1467-9450.2011.00914.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2011.00914.x)
- Beyersmann, E., Duñabeitia, J.A., Carreiras, M., Coltheart, M., & Castles, A. (2013). Early morphological decomposition of suffixed words: Masked priming evidence with transposed-letter nonword primes. *Applied Psycholinguistics*, 34(05), 869–892. doi: [10.1017/S0142716412000057](https://doi.org/10.1017/S0142716412000057)
- Bien, H., Baayen, R.H., & Levelt, W.J. (2011). Frequency effects in the production of Dutch deverbal adjectives and inflected verbs. *Language and Cognitive Processes*, 26(4–6), 683–715. doi: [10.1080/01690965.2010.511475](https://doi.org/10.1080/01690965.2010.511475)
- Bien, H., Levelt, W.J., & Baayen, R.H. (2005). Frequency effects in compound production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(49), 17876–17881. doi: [10.1080/01690965.2010.511475](https://doi.org/10.1080/01690965.2010.511475)
- Bölte, J., Zwitserlood, P., & Dohmes, P. (2004). Morphology in experimental speech production research. In T. Pechmann, & C. Habel (Eds.), *Multidisciplinary Approaches to Language Production* (pp. 431–472). Berlin: Mouton de Gruyter.
- Boyce, S., Browman, C., & Goldstein, L. (1987). Lexical organization and Welsh consonant mutations. *Journal of Memory and Language*, 26(4), 419–452. doi: [10.1016/0749-596X\(87\)90100-8](https://doi.org/10.1016/0749-596X(87)90100-8)
- Bradley, D. (1980). Lexical representation of derivational relation. In M. Aronoff, & M.-L. Kean (Eds.), *Juncture* (pp. 37–55). Saratoga, CA: Anma Libri.
- Burani, C., Dovetto, F.M., Spuntarelli, A., & Thornton, A.M. (1999). Morpholexical access and naming: The semantic interpretability of new root-suffix combinations. *Brain and Language*, 68(1–2), 333–339. doi: [10.1006/brln.1999.2073](https://doi.org/10.1006/brln.1999.2073)
- Burani, C., Marcolini, S., & Stella, G. (2002). How early does morphological reading develop in readers of a shallow orthography? *Brain and Language*, 81(1), 568–586. doi: [10.1006/brln.2001.2548](https://doi.org/10.1006/brln.2001.2548)

- Butterworth, B. (1983). Lexical representation. In *Language production. Vol. 2. Development, Writing and Other Language processes* (pp. 257–294). London: Academic Press.
- Bybee, J.L. (1985). *Morphology: A study of the relation between meaning and form*. Philadelphia, PA: John Benjamins Publishing. doi: 10.1075/tsl.9
- Bybee, J.L. (1995). Regular morphology and the lexicon. *Language and Cognitive Processes*, 10(5), 425–455. doi: 10.1080/01690969508407111
- Caramazza, A., Laudanna, A., & Romani, C. (1988). Lexical access and inflectional morphology. *Cognition*, 28(3), 297–332. doi: 10.1016/0010-0277(88)90017-0
- Caramazza, A., & Miozzo, M. (1997). The relation between syntactic and phonological knowledge in lexical access: evidence from the 'tip-of-the-tongue' phenomenon. *Cognition*, 64(3), 309–343. doi: 10.1016/S0010-0277(97)00031-0
- Carello, C., Lukatela, G., & Turvey, M. (1988). Rapid naming is affected by association but not by syntax. *Memory & Cognition*, 16(3), 187–195. doi: 10.3758/BF03197751
- Chernigovskaya, T., Gor, K., Svistunova, T., Petrova, T., & Khrakovskaya, M. (2009). [Mental lexicon in decay of the language system in patients with aphasia: Experimental study of the verb morphology]. *Voprosyazykoznavaniya*, (5), 3–17. (Russian).
- Christianson, K., Johnson, R.L., & Rayner, K. (2005). Letter transpositions within and across morphemes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6), 1327–1339. doi: 10.1037/0278-7393.31.6.1327
- Colé, P., Beauvillain, C., Pavard, B., & Segui, J. (1986). Organisation morphologique et accès au lexique. *L'année psychologique*, 86(3), 349–365. doi: 10.3406/psy.1986.29154
- Colé, P., Beauvillain, C., & Segui, J. (1989). On the representation and processing of prefixed and suffixed derived words: A differential frequency effect. *Journal of Memory and Language*, 28(1), 1–13. doi: 10.1016/0749-596X(89)90025-9
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204–256. doi: 10.1037/0033-295X.108.1.204
- Crepaldi, D., Rastle, K., & Davis, C.J. (2010). Morphemes in their place: Evidence for position-specific identification of suffixes. *Memory & Cognition*, 38(3), 312–321. doi: 10.3758/MC.38.3.312
- Crepaldi, D., Rastle, K., Davis, C.J., & Lupker, S.J. (2013). Seeing stems everywhere: Position-independent identification of stem morphemes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39(2), 510–525. doi: 10.1037/a0029713
- Deutsch, A., Frost, R., Pelleg, S., Pollatsek, A., & Rayner, K. (2003). Early morphological effects in reading: Evidence from parafoveal preview benefit in Hebrew. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10(2), 415–422. doi: 10.3758/BF03196500
- Deutsch, A., & Meir, A. (2011). The role of the root morpheme in mediating word production in Hebrew. *Language and Cognitive Processes*, 26(4–6), 716–744. doi: 10.1080/0169096-5.2010.496238
- Diependaele, K., Brysbaert, M., & Neri, P. (2012). How noisy is lexical decision? *Frontiers in Psychology*, 3, 348. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00348
- Diependaele, K., Morris, J., Serota, R.M., Bertrand, D., & Grainger, J. (2013). Breaking boundaries: Letter transpositions and morphological processing. *Language and Cognitive Processes*, 28(7), 988–1003. doi: 10.1080/01690965.2012.719082
- Diependaele, K., Sandra, D., & Grainger, J. (2005). Masked cross-modal morphological priming: Unravelling morpho-orthographic and morpho-semantic influences in early word recognition. *Language and Cognitive Processes*, 20(1–2), 75–114. doi: 10.1080/01690960444000197
- Diependaele, K., Sandra, D., & Grainger, J. (2009). Semantic transparency and masked morphological priming: The case of prefixed words. *Memory & Cognition*, 37(6), 895–908. doi: 10.3758/MC.37.6.895
- Dohmes, P., Zwitserlood, P., & Bölte, J. (2004). The impact of semantic transparency of morphologically complex words on picture naming. *Brain and Language*, 90(1), 203–212. doi: 10.1016/S0093-934X(03)00433-4
- Downing, P. (1977). On the creation and use of English compound nouns. *Language*, 53(4), 810–842. doi: 10.2307/412913
- Duñabeitia, J.A., Kinoshita, S., Carreiras, M., & Norris, D. (2011). Is morpho-orthographic decomposition purely orthographic? Evidence from masked priming in the same-different task. *Language and Cognitive Processes*, 26(4–6), 509–529. doi: 10.1080/01690965.2010.499215
- Duñabeitia, J.A., Perea, M., & Carreiras, M. (2007). Do transposed-letter similarity effects occur at a morpheme level? Evidence for morpho-orthographic decomposition. *Cognition*, 105(3), 691–703. doi: 10.3758/s13423-014-0609-2
- Duñabeitia, J.A., Perea, M., & Carreiras, M. (2014). Revisiting letter transpositions within and across morphemic boundaries. *Psychonomic Bulletin & Review*, 21(6), 1557–1575.
- Feldman, L.B. (1990). Morphological relationships revealed through the repetition priming task. In *Haskins Laboratories Status Report on Speech Research* (pp. 101–109). Retrieved from http://www.haskins.yale.edu/sr/SR101/SR101_07.pdf.
- Feldman, L.B., & Bentin, S. (1994). Morphological analysis of disrupted morphemes: Evidence from Hebrew. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A(2), 407–435.
- Feldman, L.B., & Fowler, C.A. (1987). The inflected noun system in Serbo-Croatian: Lexical representation of morphological structure. *Memory & Cognition*, 15(1), 1–12. doi: 10.3758/BF03197707
- Feldman, L.B., & Moskovljević, J. (1987). Repetition priming is not purely episodic in origin. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(4), 573–581. doi: 10.1037/0278-7393.13.4.573
- Feldman, L.B., O'Connor, P.A., & Moscoso del Prado Martín, F. (2009). Early morphological processing is morphosemantic and not simply morpho-orthographic: A violation of form-then-meaning accounts of word recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(4), 684–691. doi: 10.3758/PBR.16.4.684
- Feldman, L.B., & Prostko, B. (2002). Graded aspects of morphological processing: Task and processing time. *Brain and Language*, 81(1), 12–27. doi: 10.1006/brln.2001.2503
- Feldman, L.B., Soltano, E.G., Pastizzo, M.J., & Francis, S.E. (2004). What do graded effects of semantic transparency reveal about morphological processing? *Brain and Language*, 90(1), 17–30. doi: 10.1016/S0093-934X(03)00416-4
- Ferrari, F., & Kacinik, N. (2014). Linearity and word internal structure in the visual processing of Italian complex words. *University of Pennsylvania Working Papers in Linguistics*, 20(1), 11. Retrieved from <http://repository.upenn.edu/pwpl/vol20/iss1/11>.
- Forster, K.I. (1976). Accessing the mental lexicon. In R. Wales, & E. Walker (Eds.), *New approaches to language mechanisms* (pp. 257–287). Amsterdam: North-Holland Publ.
- Forster, K.I., & Azuma, T. (2000). Masked priming for prefixed words with bound stems: Does submit prime permit? *Language and Cognitive Processes*, 15(4–5), 539–561. doi: 10.1080/01690960050119698
- Fowler, C.A., Napps, S.E., & Feldman, L. (1985). Relations among regular and irregular morphologically related words in the lexicon as revealed by repetition priming. *Memory & Cognition*, 13(3), 241–255. doi: 10.3758/BF03197687
- Frauenfelder, U.H., & Schreuder, R. (1992). Constraining psycholinguistic models of morphological processing and representation: The role of productivity. In G. Booij, & J. van Marle (Eds.), *Yearbook of morphology* (pp. 165–183). Netherlands: Kluwer Academic Publishers. doi: 10.1007/978-94-011-2516-1_10
- Giraud, H. (2005). Un modèle supralexical de représentation de la morphologie dérivationnelle en français. *L'année psychologique*, 105(1), 171–195. doi: 10.3406/psy.2005.3825
- Giraud, H., & Grainger, J. (2000). Effects of prime word frequency and cumulative root frequency in masked morphological priming. *Language and Cognitive Processes*, 15(4–5), 421–444. doi: 10.1080/01690960050119652

- Giraud, H., & Voga, M. (2013). Prefix units within the mental lexicon. In N. Hathout, F. Montermini, & J. Tseng (Eds.), *LINCOM Studies in Theoretical Linguistics 51 (LSTL 51). Morphology in Toulouse. Selected Proceedings of Decembrettes 7* (pp. 61–78).
- Giraud, H., & Voga, M. (2014). Measuring morphology: the tip of the iceberg? A retrospective on 10 years of morphological processing. *Cahiers de Grammaire, Equipe de Recherche en Syntaxe et Sémantique (ERSS)*.
- Grainger, J., & Segui, J. (1990). Neighborhood frequency effects in visual word recognition: A comparison of lexical decision and masked identification latencies. *Perception & Psychophysics*, 47(2), 191–198. doi: 10.3758/BF03205983
- Heide, J. (2010). Warum vertragen anders ist als vergiften und vergessen Ein Einblick in unser mentales Lexikon. In M. Wahl, C. Stahn, S. Hanne, & T. Fritzsche (Eds.), *Spektrum Patholinguistik 3* (pp. 71–88). Universitätsverlag Potsdam. (German).
- Huang, Y.T., & Pinker, S. (2010). Lexical semantics and irregular inflection. *Language and Cognitive Processes*, 25(10), 1411–1461. doi: 10.1080/016909610035894-76
- Hyönä, J., Laine, M., & Niemi, J. (1995). Effects of a word's morphological complexity on readers' eye fixation patterns. In J. Findlay, R. Walker, & R. Kentridge (Eds.), *Eye movement research: Mechanisms, processes and applications. Visual information processing, Vol. 6* (pp. 445–452). Amsterdam: North-Holland.
- Janssen, D.P., Bordag, D., & Pechmann, T. (2004). Morphological encoding and morphological structures in German. In T. Pechmann, & C. Habel (Eds.), *Multidisciplinary Approaches to Language Production* (pp. 473–528). Berlin: Mouton de Gruyter.
- Järvikivi, J., & Niemi, J. (2002). Form-based representation in the mental lexicon: Priming (with) bound stem allomorphs in Finnish. *Brain and Language*, 81(1), 412–423. doi: 10.1006/brln.2001.2534
- Juhász, B.J., & Berkowitz, R.N. (2011). Effects of morphological families on English compound word recognition: A multitask investigation. *Language and Cognitive Processes*, 26(4–6), 653–682. doi: 10.1080/01690965.2010.498668
- Juhász, B.J., Pollatsek, A., Hyönä, J., Drieghe, D., & Rayner, K. (2009). Parafoveal processing within and between words. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(7), 1356–1376. doi: 10.1080/17470210802400010
- Kambe, G. (2004). Parafoveal processing of prefixed words during eye fixations in reading: Evidence against morphological influences on parafoveal preprocessing. *Perception & Psychophysics*, 66(2), 279–292. doi: 10.3758/BF03194879
- Kazanina, N., Dukova-Zheleva, G., Geber, D., Kharlamov, V., & Tonciulescu, K. (2008). Decomposition into multiple morphemes during lexical access: A masked priming study of Russian nouns. *Language and Cognitive Processes*, 23(6), 800–823. doi: 10.1080/01690960701799635
- Kehayia, E., & Jarema, G. (1994). Morphological priming (or priming?) of inflected verb forms: A comparative study. *Journal of Neurolinguistics*, 8(2), 83–94. doi: 10.1016/0911-6044(94)90018-3
- Keuleers, E., & Brysbaert, M. (2010). Wuggy: A multilingual pseudoword generator. *Behavior Research Methods*, 42(3), 627–633. doi: 10.3758/BRM.42.3.627
- Kostić, A., & Havelka, J. (2002). Processing of verb tense. *Psihologija*, 35(3–4), 299–316. doi: 10.2298/PSI0203299K
- Kostić, A., & Mirković, J. (2002). Processing of inflected nouns and levels of cognitive sensitivity. *Psihologija*, 35(3–4), 287–297. doi: 10.2298/PSI0203287K
- Kuperman, V., Bertram, R., & Baayen, R.H. (2008). Morphological dynamics in compound processing. *Language and Cognitive Processes*, 23(7–8), 1089–1132. doi: 10.1080/01690960802193688
- Kuperman, V., Bertram, R., & Baayen, R.H. (2010). Processing trade-offs in the reading of Dutch derived words. *Journal of Memory and Language*, 62(2), 83–97. doi: 10.1016/j.jml.2009.10.001
- Kuperman, V., Drieghe, D., Keuleers, E., & Brysbaert, M. (2013). How strongly do word reading times and lexical decision times correlate? Combining data from eye movement corpora and megastudies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(3), 563–580. doi: 10.1080/17470218.2012.658820
- Kuperman, V., Schreuder, R., Bertram, R., & Baayen, R.H. (2009). Reading polymorphemic Dutch compounds: toward a multiple route model of lexical processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(3), 876–895. doi: 10.1037/a0013484
- Laudanna, A., Burani, C., & Cermele, A. (1994). Prefixes as processing units. *Language and Cognitive Processes*, 9(3), 295–316. doi: 10.1080/01690969408402121
- Levelt, W.J., Roelofs, A., & Meyer, A.S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(01), 1–38. doi: 10.1017/S0140525X99001776
- Libben, G. (2003). Morphological parsing and morphological structure. In A. Egbert, & D. Sandra (Eds.), *Reading complex words* (pp. 221–239). Amsterdam: Kluwer. doi: 10.1007/978-1-4757-3720-2_10
- Libben, G., & Weber, S. (2012). Semantic transparency, compounding, and the nature of independent variables. In F. Rainer, F. Gardani, H. C. Luschützky, & W. U. Dressler (Eds.), *Morphology and Meaning: Selected papers from the 15th International Morphology Meeting, Vienna, February 2012* (pp. 205–221). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Lima, S.D. (1987). Morphological analysis in sentence reading. *Journal of Memory and Language*, 26(1), 84–99. doi: 10.1016/0749-596X(87)90064-7
- Lima, S.D., & Pollatsek, A. (1983). Lexical access via an orthographic code? The basic orthographic syllabic structure (BOSS) reconsidered. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22(3), 310–332. doi: 10.1016/S0022-5371(83)90215-3
- Longtin, C.-M., & Meunier, F. (2005). Morphological decomposition in early visual word processing. *Journal of Memory and Language*, 53(1), 26–41. doi: 10.1016/j.jml.2005.0-2.008
- Longtin, C.-M., Segui, J., & Halle, P.A. (2003). Morphological priming without morphological relationship. *Language and Cognitive Processes*, 18(3), 313–334. doi: 10.1080/01690960244000036
- Lukatela, G., Gligorićević, B., Kostić, A., & Turvey, M.T. (1980). Representation of inflected nouns in the internal lexicon. *Memory & Cognition*, 8(5), 415–423. doi: 10.3758/BF03211138
- Lukatela, G., Kostić, A., Feldman, L.B., & Turvey, M.T. (1983). Grammatical priming of inflected nouns. *Memory & Cognition*, 11(1), 59–63. doi: 10.3758/BF03197662
- MacKay, D.G. (1978). Derivational rules and the internal lexicon. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17(1), 61–71. doi: 10.1016/S0022-5371(78)90529-7
- Manelis, L., & Tharp, D.A. (1977). The processing of affixed words. *Memory & Cognition*, 5(6), 690–695. doi: 10.3758/BF03197417
- Manouilidou, C. (2007). Thematic constraints in deverbal word formation: psycholinguistic evidence from pseudo-words. In *Proceedings of the 7th International Conference on Greek Linguistics*. UK: University of York.
- Marjanovič, K., Manouilidou, C., & Marvin, T. (2013). Word-formation rules in Slovenian agentive deverbal nominalization: A psycholinguistic study based on pseudo-words. *Slovene Linguistic Studies*, 9, 93–109.
- Marslen-Wilson, W.D. (1989). Access and integration: Projecting sound onto meaning. In W.D. Marslen-Wilson (Ed.), *Lexical representation and process* (pp. 3–24). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Marslen-Wilson, W.D., Bozic, M., & Randall, B. (2008). Early decomposition in visual word recognition: Dissociating morphology, form, and meaning. *Language and Cognitive Processes*, 23(3), 394–421. doi: 10.1080/01690960701588004

- Marslen-Wilson, W.D., Ford, M., Older, L., & Xiaolin, Z. (1996). The combinatorial lexicon: Priming derivational affixes. In G.W. Cottrell (Ed.), *Proceedings of the Eighteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society: July 12-15, 1996, University of California, San Diego* (pp. 223–227). NJ: Erlbaum.
- Marslen-Wilson, W.D., Tyler, L.K., Waksler, R., & Older, L. (1994). Morphology and meaning in the English mental lexicon. *Psychological Review*, 101(1), 3–33. doi: [10.1037/0033-295X.101.1.3](https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.1.3)
- McClelland, J.L., & Patterson, K. (2002). Rules or connections in past-tense inflections: What does the evidence rule out? *Trends in Cognitive Sciences*, 6(11), 465–472. doi: [10.1016/S1364-6613\(02\)01993-9](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(02)01993-9)
- McClelland, J.L., & Rumelhart, D.E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88(5), 375–407. doi: [10.1037/0033-295X.88.5.375](https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.5.375)
- McCormick, S.F., Rastle, K., & Davis, M.H. (2008). Is there a 'fete' in 'fetish'? Effects of orthographic opacity on morpho-orthographic segmentation in visual word recognition. *Journal of Memory and Language*, 58(2), 307–326. doi: [10.1016/j.jml.2007.05.006](https://doi.org/10.1016/j.jml.2007.05.006)
- Meunier, F., & Longtin, C.-M. (2007). Morphological decomposition and semantic integration in word processing. *Journal of Memory and Language*, 56(4), 457–471. doi: [10.1016/j.jml.2006.11.005](https://doi.org/10.1016/j.jml.2006.11.005)
- Meunier, F., & Segui, J. (1999). Morphological priming effect: The role of surface frequency. *Brain and Language*, 68(1), 54–60. doi: [10.1006/brln.1999.2098](https://doi.org/10.1006/brln.1999.2098)
- Meyer, A.S. (1990). The time course of phonological encoding in language production: The encoding of successive syllables of a word. *Journal of Memory and Language*, 29(5), 524–545. doi: [10.1016/0749-596X\(90\)90050-A](https://doi.org/10.1016/0749-596X(90)90050-A)
- Meyer, A.S. (1991). The time course of phonological encoding in language production: Phonological encoding inside a syllable. *Journal of Memory and Language*, 30(1), 69–89. doi: [10.1016/0749-596X\(91\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0749-596X(91)90011-8)
- Milin, P., Đurđević, D.F., & Moscoso del Prado Martín, F. (2009). The simultaneous effects of inflectional paradigms and classes on lexical recognition: Evidence from Serbian. *Journal of Memory and Language*, 60(1), 50–64. doi: [10.1016/j.jml.2008.08.007](https://doi.org/10.1016/j.jml.2008.08.007)
- Morton, J. (1969). Interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, 76(2), 165–178. doi: [10.1037/h0027366](https://doi.org/10.1037/h0027366)
- Morton, J. (1970). A functional model for memory. In D. Norman (Ed.), *Models of human memory* (pp. 203–254). New York: Academic Press.
- Moscoso del Prado Martín, F., Kostić, A., & Baayen, R.H. (2004). Putting the bits together: An information theoretical perspective on morphological processing. *Cognition*, 94(1), 1–18. doi: [10.1016/j.cognition.2003.10.015](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.10.015)
- New, B., Pallier, C., Ferrand, L., & Matos, R. (2001). Une base de données lexicales du français contemporain sur internet: LEXIQUE [A lexical database on the internet for contemporary French: LEXIQUE]. *L'Année Psychologique*, 101(3), 447–462.
- Pastizzo, M.J., & Feldman, L.B. (2004). Morphological processing: A comparison between free and bound stem facilitation. *Brain and Language*, 90(1), 31–39. doi: [10.1016/S0093-934X\(03\)00417-6](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(03)00417-6)
- Paterson, K.B., Alcock, A., & Liversedge, S.P. (2011). Morphological priming during reading: Evidence from eye movements. *Language and Cognitive Processes*, 26(4–6), 600–623. doi: [10.1080/01690965.2010.485392](https://doi.org/10.1080/01690965.2010.485392)
- Pinker, S. (1999). *Words and rules: The ingredients of language*. New York: HarperCollins Publishers.
- Plaut, D.C., & Gonnerman, L.M. (2000). Are non-semantic morphological effects incompatible with a distributed connectionist approach to lexical processing? *Language and Cognitive Processes*, 15(4–5), 445–485. doi: [10.1080/01690960050119661](https://doi.org/10.1080/01690960050119661)
- Pollatsek, A., Drieghe, D., Stockall, L., & de Almeida, R.G. (2010). The interpretation of ambiguous trimorphic words in sentence context. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(1), 88–94. doi: [10.3758/PBR.17.1.88](https://doi.org/10.3758/PBR.17.1.88)
- Pollatsek, A., & Hyönä, J. (2005). The role of semantic transparency in the processing of Finnish compound words. *Language and Cognitive Processes*, 20(1–2), 261–290. doi: [10.1080/01690960444000098](https://doi.org/10.1080/01690960444000098)
- Rapp, B.C. (1992). The nature of sublexical orthographic organization: The bigram trough hypothesis examined. *Journal of Memory and Language*, 31(1), 33–53. doi: [10.1016/0749-596X\(92\)90004-H](https://doi.org/10.1016/0749-596X(92)90004-H)
- Rastle, K., Davis, M.H., Marslen-Wilson, W.D., & Tyler, L.K. (2000). Morphological and semantic effects in visual word recognition: A time-course study. *Language and Cognitive Processes*, 15(4–5), 507–537. doi: [10.1080/01690960050119689](https://doi.org/10.1080/01690960050119689)
- Raveh, M. (2002). The contribution of frequency and semantic similarity to morphological processing. *Brain and Language*, 81(1), 312–325. doi: [10.1006/brln.2001.2527](https://doi.org/10.1006/brln.2001.2527)
- Raveh, M., & Rueckl, J.G. (2000). Equivalent effects of inflected and derived primes: Long-term morphological priming in fragment completion and lexical decision. *Journal of Memory and Language*, 42(1), 103–119. doi: [10.1006/jmla.1999.2673](https://doi.org/10.1006/jmla.1999.2673)
- Rayner, K., White, S.J., Johnson, R.L., & Liversedge, S.P. (2006). Raeding wrods with jubmled lettres. There is a cost. *Psychological Science*, 17(3), 192–193. doi: [10.1111/j.1467-9280.2006.01684.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01684.x)
- Reid, A.A., & Marslen-Wilson, W.D. (2000). Complexity and alternation in the Polish mental lexicon. In *ISCA Tutorial and Research Workshop (ITRW) on Spoken Word Access Processes*. Nijmegen, The Netherlands.
- Roelofs, A. (1992). A spreading-activation theory of lemma retrieval in speaking. *Cognition*, 42(1), 107–142. doi: [10.1016/0010-0277\(92\)90041-F](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90041-F)
- Roelofs, A. (1996). Serial order in planning the production of successive morphemes of a word. *Journal of Memory and Language*, 35(6), 854–876. doi: [10.1006/jmla.1996.0044](https://doi.org/10.1006/jmla.1996.0044)
- Roelofs, A., & Baayen, H. (2002). Morphology by itself in planning the production of spoken words. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(1), 132–138. doi: [10.3758/BF031962-69](https://doi.org/10.3758/BF031962-69)
- Roelofs, A., Meyer, A.S., & Levelt, W.J. (1998). A case for the lemma/lexeme distinction in models of speaking: Comment on Caramazza and Miozzo (1997). *Cognition*, 69(2), 219–230.
- Rouibah, A., & Taft, M. (2001). The role of syllabic structure in French visual word recognition. *Memory & Cognition*, 29(2), 373–381. doi: [10.3758/BF03194932](https://doi.org/10.3758/BF03194932)
- Rueckl, J.G., & Rimzhim, A. (2011). On the interaction of letter transpositions and morphemic boundaries. *Language and cognitive processes*, 26(4–6), 482–508. doi: [10.1080/0169-0965.2010.500020](https://doi.org/10.1080/0169-0965.2010.500020)
- Sahel, S., Nottbusch, G., Grimm, A., & Weingarten, R. (2008). Written production of German compounds: Effects of lexical frequency and semantic transparency. *Written Language & Literacy*, 11(2), 211–227. doi: [10.1075/wll.11.2.06sah](https://doi.org/10.1075/wll.11.2.06sah)
- Sánchez-Casas, R., Igoa, J.M., & García-Albea, J.E. (2003). On the representation of inflections and derivations: Data from Spanish. *Journal of Psycholinguistic Research*, 32(6), 621–668. doi: [10.1023/A:1026123315293](https://doi.org/10.1023/A:1026123315293)
- Sandra, D. (1994). *Morphology in the reader's mental lexicon*. *Duisburg Papers on Research in Language and Culture*. Vol. 21. Frankfurt: P. Lang.
- Schreuder, R. (1990). Lexical processing of verbs with separable particles. In G. Booij, & J. van Marle (Eds.), *Yearbook of Morphology*, 3 (pp. 65–79). Dordrecht, Netherlands: Foris Publications.
- Schreuder, R., & Baayen, R.H. (1995). Modelling morphological processing. In L.B. Feldman (Ed.), *Morphological aspects of language processing* (pp. 131–156). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schreuder, R., & Baayen, R.H. (1997). How complex simplex words can be. *Journal of Memory and Language*, 37(1), 118–139. doi: [10.1006/jmla.1997.2510](https://doi.org/10.1006/jmla.1997.2510)

- Schreuder, R., Grendel, M., Poulisse, N., Roelofs, A., & van de Voort, M. (1990). Lexical processing, morphological complexity and reading. In D. Balota, G.B. Flores d'Arcais null, & K. Rayner (Eds.), *Comprehension processes in reading* (pp. 125–141). New York: Routledge.
- Schriefers, H., Friederici, A., & Graetz, P. (1992). Inflectional and derivational morphology in the mental lexicon: Symmetries and asymmetries in repetition priming. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. Section A: Human Experimental Psychology*, 44(2), 373–390.
- Seidenberg, M.S. (1987). Sublexical structures in visual word recognition: Access units or orthographic redundancy? In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII: The psychology of reading* (pp. 245–263). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Sekerina, I. (1997). [Psycholinguistics]. In A. Kibrik, I. Kobozeva, & I. Sekerina (Eds.), *[Basic trends in contemporary American linguistics: A collection of essays]* (pp. 231–260). Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta. (Russian).
- Ševa, N., & Kostić, A. (2003). Annotated corpus and the empirical evaluation of probability estimates of grammatical forms. *Psihologija*, 36(3), 255–270. doi: 10.2298/PSI0303255S
- Smolik, F. (2010). Inflectional suffix priming in Czech verbs and nouns. In S. Ohlsson, & R. Catrambone (Eds.), *Proceedings of the 32nd annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1667–1672). Austin, TX: Cognitive Science Society.
- Smolka, E., Preller, K.H., & Eulitz, C. (2014). 'Verstehen' ('understand') primes 'stehen' ('stand'): Morphological structure overrides semantic compositionality in the lexical representation of German complex verbs. *Journal of Memory and Language*, 72, 16–36. doi: 10.1016/j.jml.2013.12.002
- Smolka, E., Zwitserlood, P., & Rösler, F. (2007). Stem access in regular and irregular inflection: Evidence from German participles. *Journal of Memory and Language*, 57(3), 325–347. doi: 10.1016/j.jml.2007.04.005
- Stanners, R.F., Neiser, J.J., & Painton, S. (1979). Memory representation for prefixed words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18(6), 733–743. doi: 10.1016/S0022-5371(79)90439-0
- Steinberg, D.D. (1973). Phonology, reading, and Chomsky and Halle's optimal orthography. *Journal of Psycholinguistic Research*, 2(3), 239–258. doi: 10.1007/BF01067104
- Svistunova, T.I. (2008). Organizatsiya mentalnogo leksikona: formirovanie v ontogeneze i raspad pri narusheniyakh yazykovoy sistemy glagolnoy slovoizmenitelnoy morfologii. [Structure of the mental lexicon: ontogenetic formation of the verb inflectional morphology and its decay in deterioration of the language system (an experimental study)]. Unpublished doctoral dissertation, Saint-Petersburg State University. (Russian).
- Taft, M. (1979a). Lexical access via an orthographic code: The basic orthographic syllabic structure (BOSS). *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18(1), 21–39. doi: 10.1016/S0022-5371(79)90544-9
- Taft, M. (1979b). Recognition of affixed words and the word frequency effect. *Memory & Cognition*, 7(4), 263–272. Retrieved from <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/MandC1979.PDF>. doi: 10.3758/BF03197599
- Taft, M. (1981). Prefix stripping revisited. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20(3), 289–297. Retrieved from <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/JVLVB1981.PDF>. doi: 10.1016/S0022-5371(81)90439-4
- Taft, M. (1987). Morphographic processing: The BOSS re-emerges. In M. Coltheart (Ed.), *Attention and performance XII: The psychology of reading* (pp. 265–279). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Retrieved from <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/Taft1987.PDF>.
- Taft, M. (1994). Interactive-activation as a framework for understanding morphological processing. *Language and cognitive processes*, 9(3), 271–294. doi: 10.1080/0169096940-8402120
- Taft, M., & Forster, K.I. (1975). Lexical storage and retrieval of prefixed words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14(6), 638–647. Retrieved from <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/JVLVB-1975.PDF>. doi: 10.1016/S0022-5371(75)80051-X
- Taft, M., & Forster, K.I. (1976). Lexical storage and retrieval of polymorphemic and polysyllabic words. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15(6), 607–620. Retrieved from <http://www2.psy.unsw.edu.au/Users/mtaft/JVLVB1976.PDF>. doi: 10.1016/0022-5371(76)90054-2
- Taft, M., & Nguyen-Hoan, M. (2010). A sticky stick? The locus of morphological representation in the lexicon. *Language and Cognitive Processes*, 25(2), 277–296. doi: 10.1080/01690960903043261
- Taft, M., & Nilsen, C. (2012). Morphological decomposition and the transposed-letter (TL) position effect. *Language and Cognitive Processes*, iFirst, 1–22. doi: 10.1080/01690965.2012.679662
- Treisman, A.M. (1961). Attention and speech. Unpublished doctoral dissertation, University of Oxford.
- Treisman, A.M. (1986). Features and objects in visual processing. *Scientific American*, 255(5), 114–125.
- VanWagenen, S., & Pertsova, K. (2014). Asymmetries in priming of verbal and nominal inflectional affixes in Russian. *UCLA Working Papers in Linguistics*, 18, 49–59. Retrieved from <http://www.linguistics.ucla.edu/faciliti/wpl/issues/wpl18/papers/svwpertsova.pdf>.
- Voga, M., & Giraud, H. (2009). Pseudo-family size influences the processing of French inflections: evidence in favor of a supralexic account. In F. Montermini, G. Boyé, & J. Tseng (Eds.), *Selected Proceedings of the 6th Décembrettes: Morphology in Bordeaux* (pp. 148–155). Somerville, MA: Cascadilla Proceedings Project.
- White, S.J., Johnson, R.L., Liversedge, S.P., & Rayner, K. (2008). Eye movements when reading transposed text: the importance of word-beginning letters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(5), 1261–1276. doi: 10.1037/0096-1523.34.5.1261
- Will, U., Nottbusch, G., & Weingarten, R. (2006). Linguistic units in word typing: Effects of word presentation modes and typing delay. *Written Language & Literacy*, 9(1), 153–176. doi: 10.1075/wll.9.1.10wil
- Yang, C. (2002). *Knowledge and learning in natural language*. Oxford: Oxford University Press.
- Zwitserlood, P., Bölte, J., & Dohmes, P. (2000). Morphological effects on speech production: Evidence from picture naming. *Language and Cognitive Processes*, 15(4–5), 563–591. doi: 10.1080/01690960050119706

The Comparative Study of Cued and Implicit Anticipatory Attention During the Performance of Visual and Auditory Versions of the Temporal Order Judgment Task

Ilya Talalay

Moscow State Linguistic University, Moscow, Russia

Regina Machinskaya

Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russia

Abstract. The aim of the study was to assess the influence of cued and implicit anticipatory attention on the performance of visual and auditory versions of the temporal order judgment task. A total of 20 right-handed healthy adults (10 males and 10 females) aged 23 ± 5.7 years participated in the study. The experiment consisted of two sessions: cued attention and serial learning. In the cued attention session, a participant was informed by a warning signal about the modality of upcoming stimuli. In the serial learning session, a fixed sequence of eight trials (visual and auditory) was repeated 30 times.

Results showed that reaction times (RT) and accuracy of performance in the temporal order judgment task improved during the serial learning session with its fixed order of visual and auditory stimuli pairs. Participants were unaware of any regularity in stimuli presentation. This finding is in favor of implicit anticipation of the forthcoming stimuli modality. The performance in the serial learning session was modality-specific: a significant improvement in accuracy was observed for both modalities, but a decrease in RT was observed only for the auditory modality. No significant influence of explicit anticipation on task performance was found in the study.

Correspondence: Ilya Talalay, wtalalay@mail.ru, Laboratory of neurophysiology of cognitive processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, 8 Pogodinskaya st., corp. 2, 119121 Moscow, Russia

Keywords: temporal order judgment task, anticipatory attention, cued attention, implicit learning, sensory modality

Copyright © 2014. Ilya Talalay, Regina Machinskaya. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original authors are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Acknowledgments. The study was supported by Russian Science Foundation (Project No. 14–18–03737). Thanks to anonymous reviewers for their valuable and helpful comments on an earlier draft of this paper.

Received 10 August 2014, accepted 8 December 2014.

Introduction

Any goal-directed behavior requires attentional modulation of information processing, which may be directed not only to the present event but to past or future ones as well. This paper is dedicated to the investigation of anticipatory attention or “attention to future stimuli” (Näätänen, 1992, p.7).

There are at least two types of conditions in which an individual can anticipate the appearance of relevant stimuli. The first condition requires a cue which informs the individual about an upcoming stimulus; this is referred to as voluntary cued attention. The influence of prestimulus characteristics on reaction times (RT) was studied by Sanders and Wertheim (1973). They discovered

that the presence of a warning stimulus presented prior to an imperative signal decreased mean RTs in comparison with a simple RT task without any prewarning.

Posner (1980) developed a special experimental paradigm to study the influence of cueing on performance efficiency. This paradigm implied the presence of a special stimulus (central cue), which informed participants about definite characteristics of a relevant stimulus (e.g., possible location on the computer screen). The information contained within a cue could coincide or not coincide with the real stimuli characteristics; furthermore, a cue might contain no information concerning a relevant stimulus. It was discovered that participants responded faster when stimuli occurred in an expected place than in the situation when a cue did not contain any information about the stimulus location. The decrease in RT was regarded as a beneficial impact of cued anticipation. However, the RT was longer when a stimulus occurred in an unexpected place than when a cue was neutral and not informative. The prolonged reaction time associated with an incongruent cue was regarded as being based on false anticipation.

One of the most popular and useful examples of this experimental paradigm is the flanker test, which was created by Eriksen and Eriksen (1974) and developed by Posner and Fan (2008). In this test, special arrows on the screen served as cueing stimuli pointing to the location of a target stimulus (below or above the central cue) which represented right- or left-oriented arrows. Subjects should push the right or left button according to a target they had seen. The target arrows could be surrounded by congruent or incongruent peripheral stimuli (arrows of the same or opposite directions). This experimental tool with different modifications helped researchers to discover that congruent cueing has a significant positive influence on the rate and accuracy of task performance in comparison with other cueing conditions. In addition, this influence was observed in test-retest experiments on the same participants (Hahn et al., 2011). It is known that explicit cueing within a task-switching paradigm has a positive impact on task performance (for a review, see Monsell, 2003). Task switching causes a decrease in the response rate and accuracy — an effect known as the ‘switch cost effect’. A study of the dual classification of visually presented digits (odd/even or low/high) showed that the inclusion of a warning stimulus indicating an upcoming task resulted in switch cost reductions and improved participants’ performance in both repeated and random task-switching conditions (Monsell, 2003).

The other possible condition in which a participant might predict the appearance of a relevant event and be prepared for it is a serial reaction time task (Nissen & Bullemer, 1987; Cleeremans, Destrebecqz, & Boyer, 1998; Reber, 1993; Lewicki, Hill, & Bizot, 1988). Nissen and Bullemer (1987) were interested in the investigation of implicit learning. They created a popular tool to study implicit sequence learning called the Serial Reaction Time (SRT) task. In the SRT task, participants responded to successive stimuli that follow a definite sequence consisting of 10 elements. Participants were not informed about the experimental features; however, reaction times decreased significantly with training and increased when the basic sequence was replaced by another one. These RT

shifts were explained by the presence of serial learning. This serial learning could be called implicit, as the participants did not consciously perceive the hidden sequence. Thus, it was suggested that anticipation was implicitly caused by the regularity of stimuli in SRT and positively influenced the performance of subsequent cognitive tasks.

Kushner, Cleeremans, and Reber (1991) also investigated changes in the efficiency of task performance during serial learning. They conducted an experiment in which participants were asked to predict the location of the sixth stimulus based on the observation of five previous elements of the set. Participants were not informed about the rule underlying the sequence, but their prediction significantly exceeded the rate of accidental reactions at the end of the experimental session which consisted of 2400 trials. Taking into consideration the fact that participants were unaware of the experimental features and were unable to verbalize their knowledge of the sequence, the researchers suggested that their predictions were based on implicit leaning.

In the present study, we use the term ‘anticipatory attention’ in relation to two types of prestimulus processes that (1) imply the presence of warning signals (classical attentional paradigm) and (2) take place during an implicit learning (SRT) task. However, there is no consensus about the relation between attention and serial implicit learning in cognitive psychology. The role of attention in implicit learning has usually been investigated with a help of a secondary task, e.g. participants being asked to monitor auditory stimuli presented during the interval between visual reaction time (RT) trials. Some studies demonstrated the interference effect of a secondary task on implicit learning; it was explained by a negative influence of the attraction of attentional recourses on additional tasks. (Nissen & Bullemer, 1987; Frensch, Buchner, & Lin, 1994). Conversely, Cohen, Ivry, and Keele (1990) showed that sequence learning could remain unaffected by distraction when the sequence was simple. Frensch, Lin, and Buchner (1998) suggested that the interference produced by dual-task conditions concerned only the expression of the learned sequence but not the acquisition of a stimuli sequence. Stadler (1995) referred to the effects of tone-counting secondary tasks as a disruption of the temporal organization of a sequence, but not to the deficit of attentional recourses. According to Jimenez and Mendez (1999), two different aspects of attention — mental effort and selective processing — could differently affect implicit learning. They investigated the role of attention in implicit sequence learning in terms of these two aspects and revealed the following:

Selectively processing [of] to-be-associated elements [was] necessary to produce implicit learning of complex sequences embedded in the material of a serial reaction time (SRT) task. On the contrary, decreasing participants’ attentional resources (i. e., increasing the required mental effort by adding a simultaneous task) produc[ed] little or no effects on this form of implicit sequence learning (Jimenez & Mendez, 1999, p.236).

The authors pointed out that selective attention to predictive stimuli was necessary to learn the association between the predictive and predicted stimuli.

These two types of prestimulus attention (cued and implicit) can occur in different daily situations and according to the above data can differently influence the efficiency of information processing. The major goal of the present study was to explore the specific influence of cued and implicit anticipation on task performance. Another important issue was whether anticipation of an upcoming target signal was modality-, domain- or feature-sensitive (i.e., selective). We conducted an experiment in which the cued and implicit anticipation were explored and compared under experimental conditions that were equal in terms of stimuli and cognitive task characteristics. To address the selectivity issue, we used target stimuli varying in two modalities: visual and auditory.

Materials and Method

Participants

A total of 20 right-handed healthy adults (10 males and 10 females) aged 23 ± 5.7 years participated in the study. They had normal or corrected-to-normal vision, and no history of neurological disorders. Informed consent was obtained after the task was explained.

Task

This experiment was designed to be a part of a neurocognitive study of anticipatory processes during the prestimulus period via estimation of intracortical functional connectivity based on HD EEG recordings. This kind of analysis implies the existence of a relatively long period of stationary EEG reflecting the process of anticipation. To meet the requirement, we modified the original SRT task first, varying the interstimulus interval, and then used a modality-specific temporal order judgment task instead of a simple choice reaction time task.

Participants performed the temporal order judgment task (see, for example, Correa, Sanabria, Spence, Tudela, & Lupianez, 2006) in visual and auditory modalities. In this task, a participant should detect which of two stimuli was presented first and then respond manually by pressing a response key. In the cued attention condition, anticipation was evoked by showing a signal indicating the modality of the upcoming target. In the implicit condition, anticipation was induced by the regular alteration of modalities across trials.

Stimuli

Visual stimuli were light gray and dark gray elongated hexagons with $2.5 \times 2.5^\circ$ angular size presented one by one at 40 millisecond (ms) intervals at the center of a black display screen; the angle between hexagons was 90 degrees (see Fig. 1A). Every stimulus from the pair was presented for 15 ms. The task was to decide which signal from the pair occurred first, and to push one of three buttons corresponding to the three possible answers: *a light gray hexagon occurred first*; *a dark gray hexagon occurred first*; or *I cannot give an answer*. Participants had to respond within a two-second response window.

Auditory stimuli were short sounds of two different frequencies (300 Hz and 3,000 Hz) presented in a binaural way, one by one, at 40 ms intervals. Every stimulus from the pair was presented for 25 ms. The task was the same as for the visual stimuli.

The inter-stimulus interval for cognitive tasks was defined after a preliminary experiment involving nine healthy right-handed adults (20–50 years old). Participants solved both the visual and auditory tasks with a 60–70 percent probability when a 40 ms inter-stimulus interval was applied.

Apparatus

The experiment was conducted on a computer with the help of “EEGExProc” software, specially designed in the Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes at the Institute of Developmental Physiology (Moscow, Russia). This program allowed for the design of an experimental model and the control of an experimental process. Participants’ responses and the sequence of experimental events were registered automatically in .txt format. Stimuli were presented via a computer display with a resolution of 800×600 pixels. Participants used a game pad as a response device.

Procedure

The two anticipation conditions were implemented in the two experimental sessions, referred to as *cued attention* and *serial learning*. The order of sessions was counterbalanced across participants to eliminate the systematic influence of experimental duration and session order.

In the cued attention session, the presentation of the target stimuli was preceded by a cue with a schematic image of an ear or an eye, which informed participants about the upcoming stimulus modality (see Fig. 1B). Every experimental trial began with the presentation of a fixation cross at the center of the display. A modality-specific cue (see Fig. 1B) was presented at 1000–1500 ms for 80 ms at the center of the display. Target visual or auditory signals appeared at 3500–4000 ms after cueing. The sequence of auditory and visual stimuli was pseudo-random; a participant had two seconds to give a response. The number of visual and auditory stimuli was equal (40 presentations); the session included 80 trials. The order of events in one experimental trial is illustrated in Fig. 1C.

Sensory tasks with the same characteristics were used in the serial learning session. The main feature of this session was the repetition of experimental trials, with a fixed order of sensory modalities and the absence of cued stimuli. The sequence of presented pairs of target stimuli did not change during the session.

A repeated set of eight stimuli pairs is shown in Fig. 1D. The particular set length was chosen in order to prevent explicit learning of the trial sequence. On the one hand, it is known that an implicit learning effect is observed for a sequence with eight elements (Heuer, Schmidtke, & Kleinsorge, 2001; Coomans, Vandenbossche, & Deroost, 2014). On the other hand, eight elements is close to the upper limit of short-term memory capacity (Miller, 1956). Taking into consideration the fact that the duration of the set of eight trials (plus inter-stimulus intervals) exceeded 30 seconds, an explicit strategy of task performance was regarded as hardly possible.

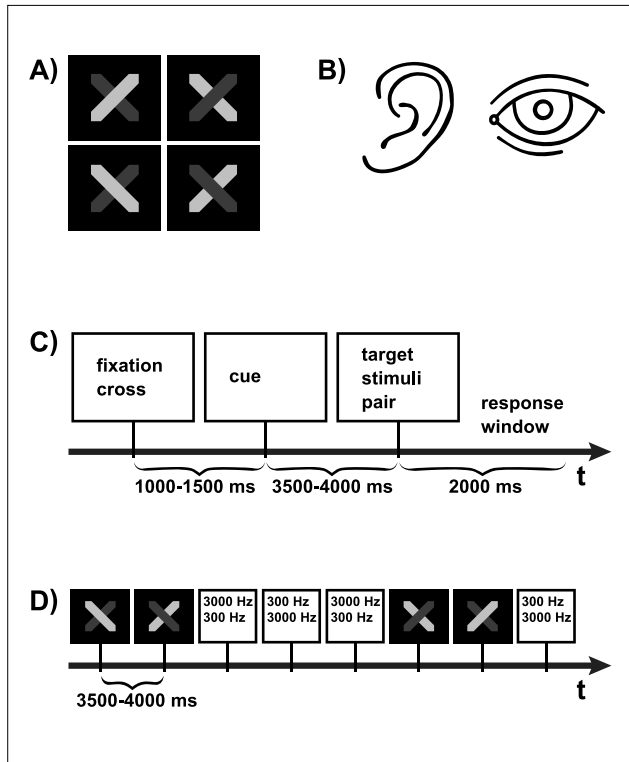


Figure 1. Experimental material and procedures. (A) All four variants of the visual stimuli pairs used in the order judgment task are shown. In each pair, the first stimulus is obscured by the second. (B) The drawings of an ear and an eye are used to cue the modality of the forthcoming stimuli pair (“warning stimuli”). (C) The sequence of events in a typical trial of the cued attention session. The timing of these events is shown along the horizontal time axis. (D) The fixed sequence of stimuli pairs (visual and auditory) that is repeated across the serial learning session.

After the session, we asked participants whether they had noticed any regularity in the trial sequence. Only one participant out of 20 reported that he had noticed the regularity in stimuli order by the end of the session. However, when he was asked to reproduce the sequence of visual and auditory stimuli, he could not do so. Therefore, we did not get any indication of explicit learning involvement.

The serial learning session included 30 repetitions of the set and was divided into three stages for further analysis.

Results

Serial Learning Session

Reaction Time. The reaction time (RT) values, plotted against successive set numbers (n) are shown in Fig. 2 for the three consecutive stages of the experimental session. The figure shows that the RT reduction is more prominent in the auditory modality than in the visual modality. In the auditory modality, RT values remained almost unchanged during the first stage, leveled off virtually linearly during the second stage and stayed stable during the final stage. The linear regression analysis corroborates these observations. Unlike the second stage that showed a significant RT (n) slope $B = -0.017$, $t(8) = -3.696$, $p = .006$, $R^2 = .631$, the first and third stages did not reveal any significant slopes (all $p > .117$). In the visual modality, none of the stages showed a significant RT reduction (all $p > .260$). However, when we considered the whole session, a significant RT (n) slope ($n=30$) for both modalities was found: visual modality ($B = -0.003$ ($t(28) = -2.378$, $p = .024$, $R^2 = .168$)); auditory modality ($B = -0.013$ ($t(28) = -14.398$, $p < .0001$, $R^2 = .877$)).

Taking into consideration the departure of RT (n) from linearity across 30 trials for the auditory modality, linear regression analysis seems to be suboptimal. Therefore, to test RT values and accuracy scores (percentage of correct responses), we used general linear model (GLM) with MODALITY (visual and auditory) and STAGE (first, second, third) as the within-subject factors. The multivariate criteria of statistical significance were used.

This analysis showed the main effect of STAGE ($F(2, 18) = 6.486$, $p = .008$, $\eta_p^2 = .419$). In Fig. 3A, the RT is shown for each cross-condition (MODALITY \times STAGE). The observation that RTs at the first stage (RT1) are longer than at the second stage (RT2) and third stage (RT3)

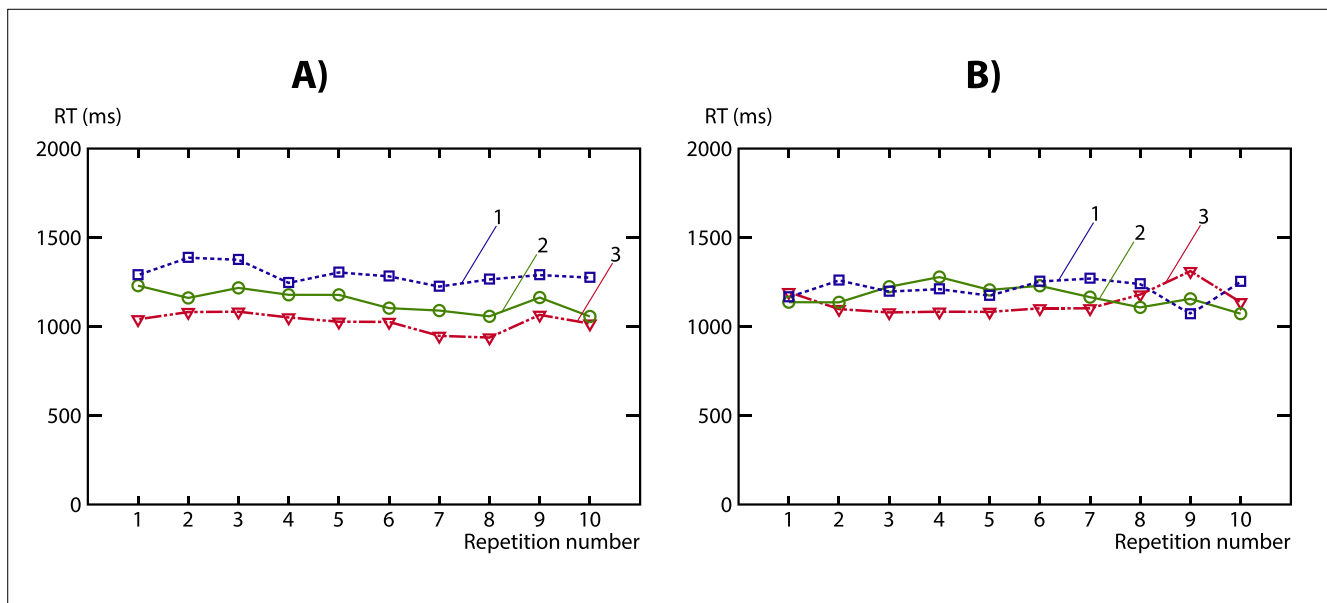


Figure 2. The reaction time (RT) values against a successive set number (n) in the serial learning session for A) auditory and B) visual modalities. The 1, 2, 3 digits correspond to successive stage numbers (see text for details).

is confirmed by the pairwise comparisons with RT1 vs RT2: $t(19) = 3.193$, $p = .014$, $R^2 = .349$, after Bonferroni corrected; and RT1 vs RT3: $t(19) = 3.385$, $p = .009$, $R^2 = .376$, after Bonferroni corrected.

No main effect of MODALITY was found ($F(1, 19) = 0.072$, $p = .791$, $\eta_p^2 = .004$). In addition, a significant interaction of MODALITY and STAGE was found ($F(2, 18) = 5.194$, $p = .017$, $\eta_p^2 = .366$). Separate one-way rmANOVA with STAGE as the only factor showed a significant decrease of RT for the auditory task ($F(2, 18) = 9.572$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .515$) but none for the visual task ($F(2, 18) = 1.274$, $p = .304$, $\eta_p^2 = .124$).

The paired comparisons of RT at the different stages of learning during the auditory task showed that RT significantly decreased (after Bonferroni correction) at the second ($t(19) = 4.450$, $p = .001$, $R^2 = .510$) and at the third stage ($t(19) = 3.684$, $p = .005$, $R^2 = .417$), relative to the first stage.

Thus, a reduction in RT was observed for both auditory and visual modalities, although this reduction was statistically reliable only for the auditory modality.

Accuracy. The same GLM model was applied to accuracy scores. In Fig. 3B, the percentage of correct responses is shown separately for each cross-condition (MODALITY \times STAGE).

The statistical analysis showed a main effect of MODALITY ($F(1, 19) = 7.930$, $p = .011$, $\eta_p^2 = .294$). It turned out that participants performed the auditory task better than the visual one at all stages. There was also a main effect of STAGE ($F(2, 18) = 8.610$, $p = .002$, $\eta_p^2 = .489$) for both modalities. Performance generally

improved across the session. The paired comparisons showed significant differences (after Bonferroni correction) between the first and the third stages ($t(19) = -4.242$, $p = .001$, $R^2 = .486$), and between the second and the third stages ($t(19) = -3.049$, $p = .020$, $R^2 = .329$).

A separate one-way rmANOVA with STAGE as the only factor showed a significant increase of accuracy for the visual task ($F(2, 18) = 6.874$, $p = .006$, $\eta_p^2 = .433$). The paired comparisons at the different stages of learning during the visual task showed that accuracy significantly increased (after Bonferroni correction) at the third stage comparing with the first ($t(19) = 3.490$, $p = .007$, $R^2 = .391$) and the second ($t(19) = 2.947$, $p = .025$, $R^2 = .314$) stages.

For the auditory task, a one-way rmANOVA with STAGE as the only factor also showed a significant increase of accuracy ($F(2, 18) = 5.596$, $p = .013$, $\eta_p^2 = .383$). The paired comparisons showed the significantly increased accuracy (after Bonferroni correction) at the third stage comparing with the first one ($t(19) = 3.387$, $p = .009$, $R^2 = .376$).

Thus, the accuracy of performance improved for both modalities by reaching the last stage of the session.

In summary, in the course of the serial learning session, participants showed a significant improvement in their performance. The significant changes in RT were observed by the second stage of the session and, somewhat later, by the third stage of the session, in terms of accuracy. It seems that no substantial serial learning occurs during the first stage of the experimental session, and therefore no implicit anticipation takes place. Thus, the first stage of serial learning is considered as a *baseline condition*.

Exploring the Impact of Anticipation of Different Types

Taking into consideration the above data, we compared the indices of task performance (RT and accuracy) in the three experimental conditions: (1) the baseline condition, without implicit anticipation (the indices collected in the first stage of the *serial learning* session), (2) cued anticipation, (3) implicit anticipation (the indices taken from the third stage of the serial learning session).

To test RT values and accuracy scores (percentage of correct responses), we used GLM with MODALITY (visual and auditory) and experimental CONDITION (baseline condition, cued anticipation, implicit anticipation) as the within-subject factors. The multivariate criteria of statistical significance were used.

Reaction time. In Fig. 4A, the RT values are shown separately for each cross-condition (i.e., condition/modality pair).

The statistical analysis revealed a main effect of the factor CONDITION ($F(2, 18) = 6.549$, $p = .007$, $\eta_p^2 = .421$). In addition, the paired comparison showed that the influence of this factor was linked with the difference of RT in the baseline and implicit anticipation conditions. The difference between these conditions was described earlier.

Mean RT values in the condition of cued anticipation were lower than in the baseline condition (1,287 ms vs. 1,297 ms, correspondingly); however, this difference was not significant. A significant interaction of MODALITY and CONDITION was found ($F(2, 18) = 4.098$, $p = .034$, $\eta_p^2 = .313$). This interaction reflects the presence of sig-

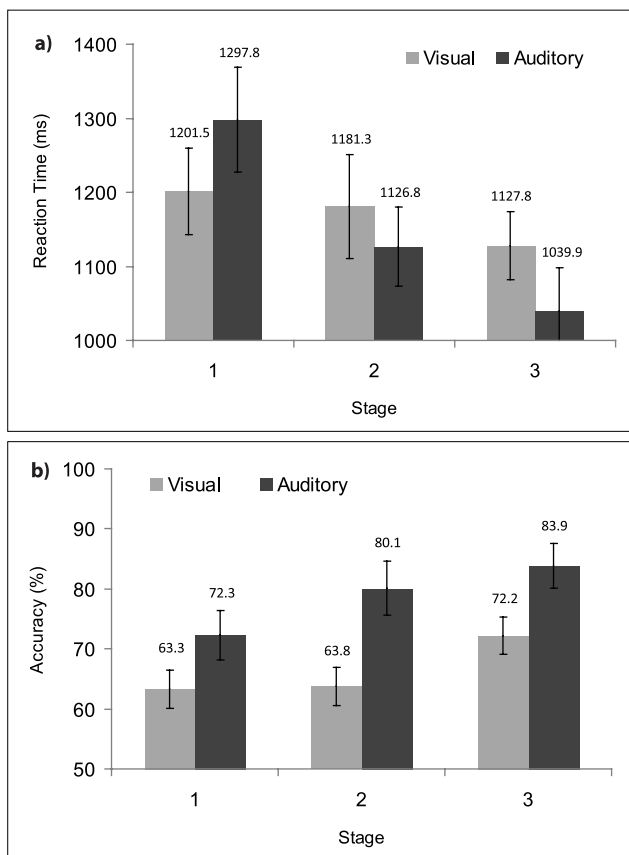


Figure 3. Averaged RT in milliseconds (a) and accuracy score percentage (b) for visual and auditory tasks are shown for the three successive stages of serial learning. The 1, 2, 3 digits correspond to successive stage numbers (see text for details). Error bars represent the standard error of mean (SEM).

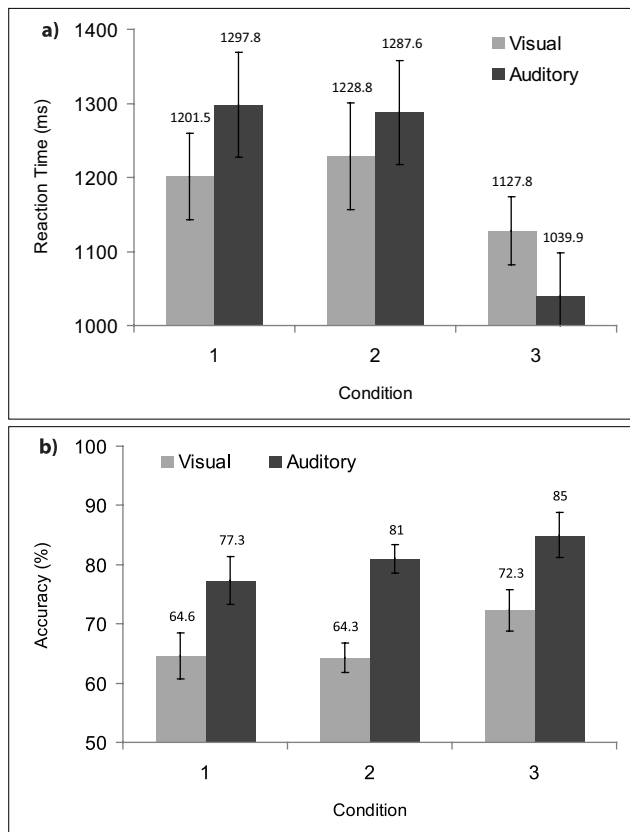


Figure 4. Averaged RT in milliseconds (a) and accuracy score percentage (b) for visual and auditory tasks are shown for different experimental conditions: (1) baseline condition, (2) cued attention and (3) implicit anticipation. Error bars correspond to the standard error of mean (SEM).

nificant RT differences for the auditory modality ($F(2, 18)=7.337, p=0.005, \eta_p^2=.449$) and simultaneously the absence of any impact of CONDITION for the visual modality ($F(2, 18)=2.130, p=.148, \eta_p^2=.191$). The pairwise comparison of RT for the auditory modality showed significantly (after Bonferroni correction) shorter RT in the implicit anticipation condition compared with either the baseline ($t(19)=3.684, p=.005, R^2=.417$) or cued attention condition ($t(19)=3.196, p=.014, R^2=.350$).

Accuracy. There were a number of participants who failed to respond in a designated time, which is why it was impossible to identify their percentage of correct responses. The data obtained from those subjects were excluded from further analysis. Thus, the data for 16 subjects were analyzed.

In Fig. 4B, accuracy is shown separately for each cross-condition.

The analysis of variance revealed the main effect of MODALITY ($F(1, 15)=12.598, p=.003, \eta_p^2=.456$): the auditory task scores were better than those for the visual task. Additionally, a main effect of CONDITION ($F(2, 14)=5.896, p=.014, \eta_p^2=.457$) was found: the lowest accuracy scores were observed in the baseline condition (71%), higher scores were found in the condition of cued attention (72.65%) and the highest scores were reached in the condition of implicit anticipation (78.67%). The differences reached a significance level between *baseline condition* and *implicit anticipation* ($t(15)=-3.532, p=.009, R^2=.454$, Bonferroni corrected). The positive, though nonsignificant, impact of cued attention was observed only for the auditory task. In the latter case,

the mean percentage of correct responses in the baseline condition was 77.3% versus 81% in the condition of cued attention.

Thus, within the framework of this experimental model the positive impact of cued attention was not significant. In addition, it should be mentioned that this effect was observed only for the auditory task and concerned both RT and accuracy.

Discussion

The behavioral data analysis showed a performance improvement (RT decreased and accuracy increased) at the third stage of the serial learning session. We attributed the improvement to a result of implicit learning.

Taking into consideration the fact that the temporal order judgment task was solved by participants with a near-threshold probability (60–70%), the identification of the regularity in stimuli pairs was hampered. Therefore, neither the order of stimuli within pairs nor the identity of motor responses to those stimuli could provide reliable information on the trial regularity. The only reliable source for that was stimuli modality.

It seems that we may exclude the possibility that the RT reduction was due to the learning of responses or visual stimuli per se. The point is that the stimuli used in the study represented simple geometric figures and audio signals with a minimum number of perceptual features. These primitive signals are usually found as constituents of natural stimuli experienced by human beings. Similarly, motor responses (keystrokes) are simple actions that are ubiquitous in daily life. Thus, there are no reasons to expect that, during the serial learning session, any other form of learning except for serial perceptual/motor learning would occur (Abrahamse, Jimenez, Verwey, & Clegg, 2010). We suggest that, for the most part, the implicit learning effect could be caused by anticipation of the modality of the forthcoming stimulus.

To assess the possible impact of nonspecific learning on the results (a concern raised by one of our anonymous reviewers) we performed the following additional test. We contrasted the performance speed (measured with RT) between the subgroup of participants who began the experiment with the cued attention session versus participants who performed that session after an extensive training during the serial learning session. In these two subgroups, RT was compared for the cued attention session. Unlike the serial learning session, the cued attention session cannot show any effect for learning except for general nonspecific learning.

The comparison of the two subgroups showed no significant differences in the RT averaged across two modalities ($t(18)=0.901, p=.380, R^2=.043$), across the auditory modality alone ($t(18)=0.958, p=.351, R^2=.048$) and visual modality alone ($t(18)=0.731, p=.474, R^2=.029$). The absence of a significant practice effect rules out any significant contribution of general learning, either sensory or motor, to the performance speed.

The comparison of task performance in the three experimental conditions (cued attention, serial learning and baseline) showed no significant impact of cueing

on either performance accuracy or response rate. This came as a bit of surprise, given the literature findings of the reliable positive influence of central cueing on task performance (Posner, 1980).

It seems that the first stage of the serial learning session might not be an appropriate baseline for the cued attention condition. Regular modality alteration, even though it does not cause the implicit learning, might reduce the RT and error rate (Monsell, 2003) to the level comparable with that caused by explicit cueing. The session with randomly varying modalities would be a better choice for the baseline condition.

The present study revealed that performance in the serial learning session was modality-specific: the decrease in RT was observed only for the auditory modality, while the significant accuracy increase was observed for both modalities. What might underlie the modality-related difference in task performance is the difference in the selection of visual and auditory information described in Neumann, van der Heijden and Allport (1986). According to that paper, auditory attention represents a single process with 'limited capacity' which is more suited (in comparison with visual attention) to select signals from the noise. In the processing of auditory information, "the main task of the selection mechanisms is to decide whether or not an auditory event in the environment should be chosen for the potential control of action" (Neumann et al., 1986, p. 2).

Our study has shown that implicit learning can be observed beyond the serial reaction time task in tasks as complex as the temporal order judgment task. As far as using the temporal order judgment task in the study of modality-specific explicit cueing, care should be taken to provide an adequate baseline condition, which, in turn, requires additional research to be done.

Conclusions

The rate and accuracy of performance in the temporal order judgment task improved during the serial learning session, which had a fixed order of visual and auditory stimuli pairs. This finding is in favor of the implicit involvement of anticipation of the forthcoming stimuli modality.

The participants' performance in the serial learning session was modality-specific: while a significant improvement in accuracy was observed for both modalities, the RT decrease was observed only for the auditory modality.

No effect of explicit cueing was found in the study.

References

- Abrahamse, E. L., Jiménez, L., Verwey, W. B., & Clegg, B. A. (2010). Representing serial action and perception. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17 (5), 603–623. doi: 10.3758/PBR.17.5.603
- Cleeremans, A., Destrebecqz, A., & Boyer, M. (1998). Implicit learning: News from the front. *Trends in Cognitive Sciences*, 2 (10), 406–416. doi: 10.1016/S1364-6613 (98)01232-7
- Cohen, A., Ivry, R. I., & Keele, S. W. (1990). Attention and structure in sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16 (1), 17–30. doi: 10.1037/0278-7393.16.1.17
- Coomans, D., Vandenbossche, J., & Deroost, N. (2014). The effect of attentional load on implicit sequence learning in children and young adults. *Frontiers in Psychology*, 5 (465). doi: 10.3389/fpsyg.2014.00465
- Correa, Á., Daniel, S., Charles, S., Pío, T., & Juan, L. (2006). Selective temporal attention enhances the temporal resolution of visual perception: Evidence from a temporal order judgment task. *Brain Research*, 1070 (1), 202–205. doi: 10.1016/j.brainres.2005.11.094
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16 (1), 143–149. doi: 10.3758/BF03203267
- Frensch, P. A., Buchner, A., & Lin, J. (1994). Implicit learning of unique and ambiguous serial transitions in the presence and absence of a distractor task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20 (3), 567–584. doi: 10.1037/0278-7393.20.3.567
- Frensch, P. A., Lin, J., & Buchner, A. (1998). Learning versus behavioral expression of the learned: The effects of a secondary tone-counting task on implicit learning in the serial reaction task. *Psychological Research*, 61 (2), 83–98. doi: 10.1007/s004260050015
- Hahn, E., Ta, T. M. T., Hahn, C., Kuehl, L. K., Ruehl, C., Neuhäus, A. H., & Dettling, M. (2011). Test-retest reliability of Attention Network Test measures in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 133 (1), 218–222. doi: 10.1016/j.schres.2011.09.026
- Heuer, H., Schmidtke, V., & Kleinsorge, T. (2001). Implicit learning of sequences of tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27 (4), 967–983. doi: 10.1037/0278-7393.27.4.967
- Jiménez, L., & Méndez, C. (1999). Which attention is needed for implicit sequence learning? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25 (1), 236–259. doi: 10.1037/0278-7393.25.1.236
- Kushner, M., Cleeremans, A., & Reber, A. (1991). Implicit detection of event interdependencies, and a PDP model of the process. In *Proceedings of the thirteenth annual conference of the cognitive science society* (pp. 215–220). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Lewicki, P., Hill, T., & Bizot, E. (1988). Acquisition of procedural knowledge about a pattern of stimuli that cannot be articulated. *Cognitive Psychology*, 20 (1), 24–37. doi: 10.1016/0010-0285 (88)90023-0
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63 (2), 81–97. doi: 10.1037/h0043158
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (3), 134–140. doi: 10.1016/S1364-6613 (03)00028-7
- Näätänen, R. (1992). *Attention and brain function*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Neumann, O., Heijden, A., & Allport, D. A. (1986). Visual selective attention: Introductory remarks. *Psychological Research*, 48 (4), 185–188. doi: 10.1007/BF00309082
- Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19 (1), 1–32. doi: 10.1016/0010-0285 (87)90002-8
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32 (1), 3–25. doi: 10.1080/00335558008248231
- Posner, M. I., & Fan, J. (2008). Attention as an organ system. In J. R. Pomerantz (Ed.), *Topics in integrative neuroscience: From cells to cognition* (pp. 31–61). Cambridge: Cambridge University Press.
- Reber, A. S. (1993). *Implicit learning and tacit knowledge: An essay on the cognitive unconscious*. New York: Oxford University Press.
- Sanders, A., & Wertheim, A. (1973). The relation between physical stimulus properties and the effect of foreperiod duration on reaction time. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25 (2), 201–206. doi: 10.1080/14640747308400339
- Stadler, M. A. (1995). Role of attention in implicit learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21 (3), 674–685. doi: 10.1037/0278-7393.21.3.674

Сравнительное исследование направленного и имплицитного предвосхищающего внимания при решении зрительного и слухового вариантов задачи на определение порядка следования стимулов в паре

Илья Талалай

Московский государственный лингвистический университет, Москва, Россия

Регина Мачинская

ФГНУ «Институт возрастной физиологии Российской академии образования», Москва, Россия

Аннотация. Целью данной работы было исследование влияния направленного и имплицитного предвосхищающего внимания на успешность решения зрительного и слухового вариантов задачи на определение порядка следования стимулов в паре (temporal order judgment task). В исследовании приняли участие 20 здоровых взрослых правшей (10 мужчин и 10 женщин) в возрасте 23 ± 5.7 лет. Эксперимент состоял из двух сессий: «Направленное внимание» и «Серийное научение». В сессии «Направленное внимание» предупреждающий стимул информировал испытуемого о модальности целевого сигнала. В сессии «Серийное научение» многократно повторялась фиксированная последовательность из восьми пар зрительных и слуховых стимулов.

Было показано, что скорость решения задачи, а также процент правильных ответов увеличивались в ходе сессии «Серийное научение». При этом испытуемые не осознавали существования закономерности чередования целевых сигналов, что говорит в пользу формирования имплицитного предвосхищения. Изменения поведенческих параметров при имплицитном научении зависели от модальности стимулов: значимое увеличение процента правильных ответов наблюдалось как для зрительной, так и для слуховой модальности, а сокращение времени реакции — только для слуховой модальности. Значимого влияния эксплицитной преднастройки на успешность решения задачи обнаружено не было.

Контактная информация: Илья Талалай, wtalalay@mail.ru, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2, Институт возрастной физиологии РАО, лаборатория нейрофизиологии когнитивной деятельности, 119121 Москва, Россия.

Ключевые слова: задача на определение порядка следования стимулов в паре, сенсорная модальность стимулов, предвосхищение, направленное внимание, имплицитное научение

© 2014 Илья Талалай, Регина Мачинская. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Исследование поддержано грантом РНФ (Проект № 14-18-03737). Авторы признательны анонимным рецензентам за ценные и полезные комментарии в ходе работы над статьей.

Статья поступила в редакцию 10 августа 2014 г. Принята в печать 8 декабря 2014 г.

Литература

- Abrahamse E. L., Jiménez L., Verwey W. B., Clegg B. A. Representing serial action and perception // *Psychonomic Bulletin & Review*. 2010. Vol. 17. No. 5. P. 603–623. doi: 10.3758/PBR.17.5.603
- Cleeremans A., Destrebecqz A., Boyer M. Implicit learning: News from the front // *Trends in Cognitive Sciences*. 1998. Vol. 2. No. 10. P. 406–416. doi: 10.1016/S1364-6613(98)01232-7
- Cohen A., Ivry R. I., Keele S. W. Attention and structure in sequence learning // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1990. Vol. 16. No. 1. P. 17–30. doi: 10.1037/0278-7393.16.1.17
- Coomans D., Vandebossche J., Deroost N. The effect of attentional load on implicit sequence learning in children and young adults // *Frontiers in Psychology*. 2014. Vol. 5. No. 465. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00465
- Correa Á., Daniel S., Charles S., Pío T., Juan L. Selective temporal attention enhances the temporal resolution of visual perception: Evidence from a temporal order judgment task // *Brain Research*. 2006. Vol. 1070. No. 1. P. 202–205. doi: 10.1016/j.brainres.2005.11.094
- Eriksen B. A., Eriksen C. W. Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task // *Perception & Psychophysics*. 1974. Vol. 16. No. 1. P. 143–149. doi: 10.3758/BF03203267
- Frensch P. A., Buchner A., Lin J. Implicit learning of unique and ambiguous serial transitions in the presence and absence of a distractor task // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1994. Vol. 20. No. 3. P. 567–584. doi: 10.1037/0278-7393.20.3.567
- Frensch P. A., Lin J., Buchner A. Learning versus behavioral expression of the learned: The effects of a secondary tone-counting task on implicit learning in the serial reaction task // *Psychological Research*. 1998. Vol. 61. No. 2. P. 83–98. doi: 10.1007/s004260050015
- Hahn E., Ta T. M. T., Hahn C., Kuehl L. K., Ruehl C., Neuhaus A. H., Dettling M. Test–retest reliability of Attention Network Test measures in schizophrenia // *Schizophrenia Research*. 2011. Vol. 133. No. 1. P. 218–222. doi: 10.1016/j.schres.2011.09.026
- Heuer H., Schmidtke V., Kleinsorge T. Implicit learning of sequences of tasks // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2001. Vol. 27. No. 4. P. 967–983. doi: 10.1037/0278-7393.27.4.967
- Jiménez L., Méndez C. Which attention is needed for implicit sequence learning? // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1999. Vol. 25. No. 1. P. 236–259. doi: 10.1037/0278-7393.25.1.236
- Kushner M., Cleeremans A., Reber A. Implicit detection of event interdependencies, and a PDP model of the process // *Proceedings of the thirteenth annual conference of the cognitive science society*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1991. P. 215–220.
- Lewicki P., Hill T., Bizot E. Acquisition of procedural knowledge about a pattern of stimuli that cannot be articulated // *Cognitive Psychology*. 1988. Vol. 20. No. 1. P. 24–37. doi: 10.1016/0010-0285(88)90023-0
- Miller G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information // *Psychological Review*. 1956. Vol. 63. No. 2. P. 81–97. doi: 10.1037/h0043158
- Monsell S. Task switching // *Trends in Cognitive Sciences*. 2003. Vol. 7. No. 3. P. 134–140. doi: 10.1016/S1364-6613(03)00028-7
- Näätänen R. Attention and brain function. Psychology Press, 1992.
- Neumann O., Heijden A., Allport D. A. Visual selective attention: Introductory remarks // *Psychological Research*. 1986. Vol. 48. No. 4. P. 185–188. doi: 10.1007/BF00309082
- Nissen M. J., Bullemer P. Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures // *Cognitive Psychology*. 1987. Vol. 19. No. 1. P. 1–32. doi: 10.1016/0010-0285(87)90002-8
- Posner M. I. Orienting of attention // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1980. Vol. 32. No. 1. P. 3–25. doi: 10.1080/00335558008248231
- Posner M. I., Fan J. Attention as an organ system // *Topics in Integrative Neuroscience: From Cells to Cognition* / J. R. Pomerantz (Ed.). Cambridge University Press, 2008. P. 31–61.
- Reber A. Implicit learning and tacit knowledge: An essay on the cognitive unconscious. New York: Oxford University Press, 1993.
- Sanders A., Wertheim A. The relation between physical stimulus properties and the effect of foreperiod duration on reaction time // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 1973. Vol. 25. No. 2. P. 201–206. doi: 10.1080/14640747308400339
- Stadler M. A. Role of attention in implicit learning // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 1995. Vol. 21. No. 3. P. 674–685. doi: 10.1037/0278-7393.21.3.674

The Dynamics of Working Memory Load in Insight Problem Solving

Sergei Yu. Korovkin

P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

Ilya Yu. Vladimirov

P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

Anna D. Savinova

P. G. Demidov Yaroslavl State University, Yaroslavl, Russia

Abstract. This paper describes the possible methodological techniques of evaluation of the problem solving process as the main task by a secondary probe task. We propose a method of estimation of the microdynamics of thought processes via changes in the dynamics of working memory load in problem solving by a probe monitor. The results of assessment of the dynamics of working memory load in insight and algorithmized problem solving via a two-alternative choice task are shown. There are significant differences between the dynamics of working memory load in insight and algorithmized problem solving in the last stages, which confirm the hypothesis of the specificity of insight problem solving processes. The results reveal significant dynamics of working memory load in algorithmized problem solving, but not in insight problem solving, during selection of one of the two alternatives.

Correspondence: Sergei Yu. Korovkin, korovkin_su@list.ru, Faculty of Psychology, P. G. Demidov Yaroslavl State University, Matrosova proezd 9, office 204, 150057 Yaroslavl, Russia

Keywords: problem solving, insight, probe task, working memory, dynamics of thought processes, probe monitor

Copyright © 2014. Sergei Yu. Korovkin, Ilya Yu. Vladimirov, Anna D. Savinova. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original authors are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Acknowledgments. This work is supported by the Russian Foundation for Basic Research (№12–06–00133a).

Received 31 May 2014, accepted 8 December 2014.

Research Problem

Creative problem solving is often accompanied by a feeling of illumination, which is known in the psychology of thinking as a phenomenon of insight. An aim of this study is the incubation phase of the thinking process, which is traditionally considered to precede insight. The questions of which cognitive processes precede illumination and why we need incubation are basic problems in the cognitive study of insight. A number of researchers believe that computational processes that may be qualified as transition procedures in a “search tree” occur during incubation (Newell & Simon, 1972). According to other authors, a clearing of irrelevant solutions from the working memory (Anderson, 2009), an active waiting for the right information (Seifert, Meyer, Davidson, Patalano, & Yaniv, 1995), as well

as processes of active information processing (Davidson, 2003; Knoblich, Ohlsson, & Raney, 2001) can occur during the incubation.

Traditionally, the insight phenomenon is studied within the Gestalt approach to the psychology of thinking. Gestalt psychologists raised fundamental theoretical issues, in particular about the specifics of productive and reproductive thinking, the mechanisms of problem solving, the structure of the problem, etc. (Duncker, 1945; Köhler, 1917; Maier, 1931; Wertheimer, 1959). The main idea of this theory can be formulated as a statement about the role of holistic structures in the thinking process. Thus, it is not the individual elements of the problem situation, their properties and interrelations that become the focus of the research, but rather the phenomenal field, problem situation as such and the holistic structure of the problem. Finding an aspect of the object that is included in the context

of the particular situation (“functional value” of the object) is postulated to be a means of problem solving. Insight is understood as a phenomenon which is based on a special creative process — restructuring of the phenomenal field (Köhler, 1917; Knoblich, Ohlsson, & Raney, 2001; Ohlsson, 1992).

The dominant theory in the cognitive psychology of problem solving has long been the problem space theory (Newell & Simon, 1972). The basic idea of this theory is the fact that any problem solving is a process of calculation on the basis of a set of elements of the problem, represented in the form of all possible states, a set of operators and the rules for their application. In this formulation, there is no specific “creative” process; there are only computational operations and heuristics of their most effective application (Kaplan & Simon, 1990). However, there are data that show both subjective differences in the solving of algorithmized and insight problems (Metcalf & Wiebe, 1987) and procedural differences in the different types of solutions (Kounios & Beeman, 2009). In general, many cognitive studies of insight problem solving aimed to deny any specific mechanisms of insight (Weisberg & Alba, 1981) or to revive, configure and create a more sophisticated version of the problem space theory (MacGregor, Ormerod, & Chronicle, 2001; Ormerod, MacGregor, & Chronicle, 2002).

Some authors suggest that working memory plays an important role in the problem solving process (Anderson, 2009; Robertson, 2001; Ericsson & Simon, 1980). The following mechanisms of working memory are assumed to be involved in problem solving: the clearing of working memory that results in the advancement of a new hypothesis and insight solution (Anderson, 2009); the use of working memory in the process of solution verbalization (Ericsson & Simon, 1980); a shift of the working memory load when changing the representations in problem solving; and the limits of working memory resources, which hinders the solving of problems with the number of conditions exceeding the critical value (Hambrick & Engle, 2003).

Let us propose the types of dynamics of the working memory load which would correspond to different models of insight. In terms of the role of working memory in the phenomenon of insight, two alternative hypotheses are interesting. The first goes back to the works of Gestalt psychologists implemented, for example, in an opportunistic model (Seifert, Meyer, Davidson, Patalano, & Yaniv, 1995), involving unconscious processes at the stage of incubation. In this case, an increase in the working memory load at the stage of incubation can be observed. In the second hypothesis, the model of forgetting goes back to Woodworth (1938) and is supported by Anderson (2009). This hypothesis suggests a clearing of the working memory and forgetting of the wrong schemas, which allows a new trial to see the correct solution. According to this model, the opposite process can be observed — a decline of working memory load at the stage of incubation.

Among the most characteristic features of insight, the following are often referenced: a sudden solution (Jones, 2003), an original (creative) solution (Isen, Daubman, & Nowicki, 1987), thinking “outside the box” (Ohlsson, 1992), the presence of the incubation period (Segal 2004; Seifert, Meyer, Davidson, Patalano, & Yaniv, 1995),

an “aha-reaction” (Kounios & Beeman, 2009), overcoming fixedness (Öllinger, Jones, & Knoblich, 2008), and finding functional solutions (Duncker, 1945). In our view, a critical feature for distinguishing insight and algorithmized solutions is the finding of functional solutions, which represents the selection of a new way to solve a problem (Duncker, 1945). All other referenced features are not constitutive for insight problem solving.

The solution and its nature depend on the structure of the problem (Duncker, 1945). We have proposed the traditional scheme of operationalization and actualization of thinking processes through the solving of various types of problems. We consider algorithmized problems as problems in which the system of operators and rules of their application are known (obvious or actualized), and the procedure for their solution can be described in terms of algorithms. Insight problems, in general, are problems which require a change of operators or the system of their application for the successful solution (finding a functional solution is required), and the new system of operators and rules is unknown (not obvious or not actualized) for the solver.

We assume that if the hypothesis about the specificity of insight problem solving processes is correct, then there are different processes in working memory during algorithmized and insight problem solving and, consequently, the dynamics of working memory load also differ. The hypothesis of our study can be formulated as follows: there are significant differences in the dynamics of working memory load in algorithmized and insight problem solving. Coincidence of the curves of working memory load, in our opinion, is an indication of the presence of common non-specific processes, while the difference between curves indicates the difference between problem solving processes.

Method

Numerous attempts to explore the issue of insight eventually encounter the problem of methodology. Difficulties are primarily associated with limitations of the classical methods which are able to discover the phenomenon of insight, but are not powerful enough to explore the microdynamics of thinking processes.

The microdynamics of problem solving processes (dynamics of solving within the same problem), in comparison with the microdynamics of other cognitive processes, is studied quite superficially. The phenomenological analysis of self-reports and descriptions of stages based on theoretical concepts dominate the literature on this issue (Duncker, 1945; Brushlinsky, 1979). Less frequently, researchers use the descriptions of stages based on analysis of the protocols of solving (Spiridonov, 2006) and the dynamics of the thinking process, based on additional indicators: an emotional reaction (Tikhomirov, 1969), eye movement (Knoblich, Ohlsson, Haider, & Rhenius, 1999), and a subjective assessment of proximity to a solution (Metcalf & Wiebe, 1987). The first indicator seems to be historically reasonable for the period of psychological knowledge during which it was used; however, it has significant shortcomings — a search result is a foregone

conclusion (empirical data are adjusted according to the author's concept), and it is impossible to make a description of the fine microdynamic mechanisms of the thinking process (features of the process at short time intervals). The combination of the second and the third indicators seems to us the most promising — the juxtaposition of verbal protocols ("thinking aloud" protocols or another way of objectification of the thinking process) with additional indicators. Selected indicators should be associated with the thought process.

The following are requirements for a research technique which explores the process dynamics during a problem solving, in our opinion. First, such a technique should make it possible to monitor the dynamics at the shortest possible time intervals (seconds to milliseconds) during the entire problem solving. Second, it must be relevant to solving processes which are hidden from direct observation. Third, the technique must not violate and distract from the natural thinking process.

Insight is described by researchers who support the idea of the specificity of its mechanisms as a phenomenon with an "instantaneous" nature (Duncker, 1945; Metcalfe & Wiebe, 1987; Ohlsson, 1992). Therefore, we can assume that it is based on very simple or very fast processes. These refinements impose some serious research methodology requirements, in particular, the quality of its temporal "resolution". A number of studies attempted to assess the dynamics of the processes accompanying problem solving at various intervals: gaze fixation during problem solving at each of three periods of the duration of a trial (Knoblich, Ohlsson, & Raney, 2001), assessment of a feeling of proximity ("feeling of warmth") to the solution at intervals of 15 seconds (Metcalfe & Wiebe, 1987), current change of galvanic skin response (GSR) at intervals of less than five seconds (Tikhomirov, 1969), or current change of EEG at intervals of less than 100 milliseconds (Kounios & Beeman, 2009). Despite attempts to use the assessment of the dynamics of the accompanying processes in solving problems, it is difficult to conclude anything about the mechanisms underlying thought processes.

The requirement of relevancy to problem solving is implemented in techniques of comparisons across intervals, self-report about operations and actual representation (e. g., Metcalfe & Wiebe, 1987; Ponomarev, 1976). They are based on the idea of the possibility of suspending the problem solving (or its fragmentation into smaller problems) in order to give self-reports about operations used in solving. However, these techniques operate with large time intervals and seriously disrupt the thought process. Moreover, the effectiveness and objectivity of a self-report is questionable.

One of the characteristics relevant to problem solving is the processes in working memory storage. The review of Hambrick and Engle (2003) examines the history of research of working memory in problem solving. These studies clearly show that this structure plays a significant role in the process of solving problems. Working memory is responsible for storing the actual representation of conditions and the course of transformations in the problem field by mental operations. However, these studies give no clue about working memory dynamics parameters, which are important for the disclosure of the dynamic laws of thought

processes. As a way to compare different methodological approaches, Hambrick and Engle (2003) describe the European (procedural) tradition which often involves an experimental exploration of reciprocal distraction of two concurrent tasks (Baddeley & Hitch, 1974; Robbins et al., 1996) and the North American tradition of measuring the correlation between different types of tasks and working memory capacity (Daneman & Carpenter, 1980). Correlational works demonstrate the statistical relationship between parameters of working memory and problem solving efficiency. All experimental investigations that are carried out in the field use the dual task procedure, where a secondary task is used as a distractor (Gilhooly, Logie, Wetherick, & Wynn, 1993). The authors judged which one of the working memory structures is important for problem solving according to the type of effective distractor. It should be noted that a similar technique is to use an additional tool to facilitate problem solving, for example the use of hints during solving (Moss, Kotovsky, & Cagan, 2011; Ponomarev, 1976). These methods have a common weakness. They reveal the importance of each structure for a particular type of problem, but do not allow us to answer the question: do the structures have the same importance during all the stages of problem solving, or only at some of them? Overall, distractor tasks inhibit the process and facilitator tools improve it.

We suggest the use of working memory process monitoring during problem solving to make sure that the experimental procedure does not violate the natural thinking process. This technique was first proposed by Kahneman (1973) and was based on a limited resource model. One of the assumptions of this model is that the resource distribution during the execution of multiple confronted tasks is the following: the performance of secondary tasks suffers the most when the quality of the primary task is almost fully intact. This option, as well as the distractor task, can be viewed as a special case of dual task performance. However, there are significant differences. First, applying a general or particular type of resource that is used in the problem is indicated by the change of the secondary task parameters, but not the change of the quality of solutions or solution time. Second, such a secondary task, if it is quite simple, can be presented repeatedly in the process of problem solving (primary task), that will monitor the dynamics of the structures of working memory in the thought process. This type of dual task was named the "probe task" to distinguish it from the methodological technique "distractor task".

The technique of "probing" the process can be performed in two ways. We define the first option as a "probe puncture" that involves a single probe presentation during the primary task. This "puncture" is performed at different time periods for each participant from the sample and allows us to construct curves of dynamics of the investigated parameters by the sample statistics. This design was used to carry out a number of investigations of Posner (Posner & Boies, 1971; Posner & Snyder, 1975). The hint presentation at the different stages of the thinking process is basically a similar strategy (Moss, Kotovsky, & Cagan, 2011). The second option was implemented by Kahneman (1973) and involves the parallel execution of the probe task during the performance

of the primary task. We define this as a “probe monitor”. The two-alternative choice task or the signal detection task can be used as such a monitor. This option, in our opinion, has significant advantages over the technique of the “probe puncture”. It can produce both group and individual curves of the dynamics of problem solving. It also provides the possibility to perform typological analysis of data and reduces the risk of artefact results.

Thus, based on the model of resource constraints, there may be various specific information processing systems (“storages”) with limited capacity. In this case, the dynamics of the primary task can be assessed by the dynamics of the secondary task performance because of competition for resources. Crashes, deceleration and errors in performance will indicate the maximum load of working memory by the solving of the primary task. A secondary task is required in this study: the dynamics of the primary intellectual problem solving is traced by the probe task performance. Using such a methodological technique, we can investigate the issue of incubation in problem solving: Are there specific mechanisms of insight problem solving which are fundamentally different from the processes of algorithmized problem solving?

Participants

The study sample consisted of 22 participants, aged 18 to 53 years. The study involved four men and 18 women: students, graduate students and people with higher education. All participated on a voluntary basis, without additional motivation.

Procedure

Working memory load acts as an indicator of the dynamics of cognitive mechanisms during problem solving. Measuring the dynamics of working memory load was carried out by the simultaneous performance of a two-alternative choice task and primary problem solving.

Statistical units are the average response time of each participant at each stage of the probe tasks. Statistical analysis was performed using one-way and two-way ANOVA with repeated measures.

Participants were asked to perform practice and control series of the two-alternative choice task, and to solve insight and algorithmized problems while performing the parallel two-alternative choice task. For an introduction to the experiment, a participant solved a problem that was not used in the main series. The practice series aimed for familiarization and training of the two-alternative choice task without parallel problem solving. In the control series, participants performed the two-alternative choice task for 90 seconds. The data from the control series are considered as a baseline of the working memory load by using a probe task. Furthermore, the dynamics of working memory load in a dual task performance were compared with this background.

The two-alternative choice task was chosen as the monitor-probe of working memory. Participants were asked to rapidly press the appropriate keys (“right” and “left” arrows) in response to a random on-screen presentation of green and red cards. In this case, the main load is in the central executive block in terms of the classical working memory model (Baddeley & Hitch,

1974). As a measure of working memory load, we used the dynamics of reaction time in the two-alternative choice task performance.

For the experimental series, various problems were selected as “insight problems” which demand a functional solution and are difficult to calculate step-by-step. Examples of insight problems include the following: “A famous psychic states that he is able to predict the score of any hockey game before the game begins. How is this possible?” (Solution: The starting score of any hockey game is 0 to 0); “The legendary runner Flash Fleetfoot was so fast that his friends said he could turn off the light switch and jump into bed before the room got dark. On one occasion Flash proved he could do it. How?” (Solution: He went to bed during the day); “The first received its name because of the size, the second prefers to be dressed, the third is known for its location, the fourth because of its ability to give additional information. How do we call the fifth?” (Solution: this problem is about fingers. The first is a little finger, the second is a ring finger, the third is a middle finger, and the fourth is an index finger. The fifth is a thumb¹).

Algorithmized problems are made according to the principle of incremental calculation. Examples of algorithmized problems include: “ $65 \times 24 - 541$ ” (Solution: 1, 019); “A father with two sons came to a wide river. The only way to get to the other side was to take a raft. However, the raft could carry only the father or his two sons. How does the family get to the other side?” (Solution: First go the sons. One son comes back, and father goes on the other side. Then second son goes back to pick his brother up and they both go to the other side); “Three chickens lay tree eggs in three days. How many eggs will 12 chickens lay in 12 days?” (Solution: 48).

Participants were asked to solve two problems from the set above with a parallel probe task, and then to solve two problems without the probe tasks. The sequence of problems was varied randomly by a computer program. The problems were equalized in complexity; the solution times of all problems in the condition without the probe tasks were not significantly different. The analysis excludes data from samples in which problems were not solved, problems which were solved faster than 30 seconds, when participants had at least one reaction time over nine seconds in the probe task, and when a response time was less than 50 milliseconds. In total, we excluded 23% (10 of 44) trials. Because the trials were eliminated unequally and, moreover, a participant could randomly receive two problems of one type, the final data were analyzed in sets of 13 insight and 26 algorithmized problems.

All problems were solved orally using the “think aloud” technique. Problems were presented on a computer monitor at the top of the screen; the text was available throughout the entire task performance. In the center of the screen, color images were presented as the stimuli for the probe task. A participant was instructed to independently solve a problem. In the case of an incorrect answer, the experimenter informed the participant about the wrong solution; in the case of a correct solution, the participant was told that the problem had been solved, and the task was interrupted.

¹ This problem is culture-specific and thus it might be unclear in other cultures.

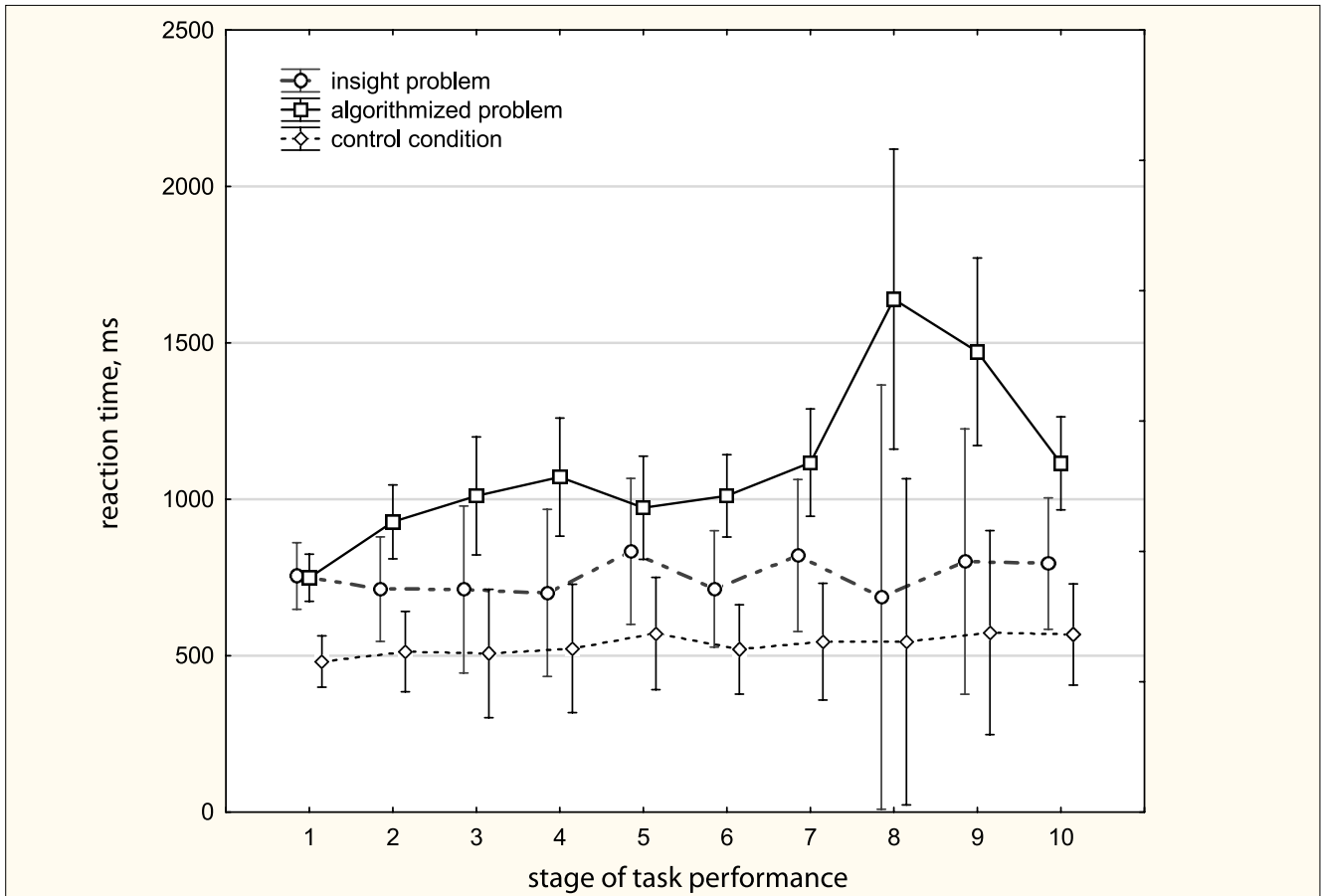


Figure 1. The dynamics of working memory load in insight and algorithmized problem solving. The stages of tasks performance (problem solving) are shown on the x-axis, with reaction time during probe tasks (ms) on the y-axis. Vertical bars denote .95 confidence intervals.

It is possible to draw a graph for each participant in each trial which reflects the dynamics of the probe task performance across all time points at which reaction times were recorded. The comparison of task performance dynamics and the construction of generalized graphs can be based on absolute values (time remaining to a solution), or on relative values (stages of solving). Due to the time differences of problem solving, the time of every task was divided into 10 equal segments by means of which is possible to compare the dynamics of task performance in different participants. The number of stages is chosen rather arbitrarily, but guided by the requirement of a maximum fractionality. Traditionally in the psychology of problem solving, the dynamics of solving are considered in three or four stages (Knoblich, Ohlsson, & Raney, 2001; Moss, Kotovsky, & Cagan, 2011; Spiridonov, 2006). However, increasing the number of stages increases the response time requirements (a reaction time should not exceed the duration of the stage). Therefore, increasing the number of stages would increase exclusion of tasks. The dimension of the 10 stages was accepted as optimal.

Results

The following significant results of the study were obtained. The specificity of insight and algorithmized problem solving is reflected in the dynamics of working memory load for the three conditions (Figure 1).

We should note the following results. According to the one-way ANOVA with repeated measures, there are significant differences in the dynamics of working memory load between the control condition of the two-alternative choice task and the parallel performance of the probe task with insight ($F(1, 350) = 30.5, p < .001, \eta_p^2 = .48$) and algorithmized ($F(1, 480) = 27.4, p < .001, \eta_p^2 = .37$) problem solving. Probably, parallel tasks come into conflict for working memory's limited resources.

As a result of the one-way ANOVA with repeated measures, we found the absence of dynamics of working memory load in insight problem solving ($F(9, 130) = .70, p = .71, \eta_p^2 = .06$). The productivity of the probe task performance in the insight problem condition is higher than in the algorithmized problem condition ($F(1, 390) = 6, p = .019, \eta_p^2 = .14$). Apparently, insight problem solving depends on the activation of resources that are not related to the two-alternative choice task processing.

We found the dynamics of working memory load in algorithmized problem solving ($F(9, 260) = 3.48, p < .001, \eta_p^2 = .12$) using one-way ANOVA with repeated measures. The dynamics of algorithmized problem solving are manifested in the form of a "hump" closer to the problem solution. It should be noted that the problem solving dynamics coincide with the results of attention tasks (Kahneman & Beatty, 1966); there is a decrease of productivity with a consequent increase. Productivity peaks are associated with operations that require relatively little resources, such as the reading of conditions and the verbal-

ization of a solution. The decrease of productivity that occurs close to the problem solution is associated with the implementation of algorithmized operations.

There is a significant interaction between factors of conditions and stages [insight, algorithmized problems, control condition \times 10 stages] in the two-way ANOVA with repeated measures ($F(18, 610) = 2.1, p < .01, \eta_p^2 = .07$). The results of the two-way ANOVA with repeated measures without a control condition [insight, algorithmized problems \times 10 stages] show that there is no significant interaction between factors of conditions and stages ($F(9, 390) = 1.76, p = .07, \eta_p^2 = .05$). The factor of conditions (problems) is significant — there are significant differences in the dynamics of working memory load in insight and algorithmized problem solving that occur in general productivity levels as well as in profiles of dynamics ($F(1, 390) = 6, p = .019, \eta_p^2 = .14$). Since the performance of the dual task compared with the control condition leads to a unilateral increase of complexity of the tasks, it is difficult to expect any cross-effect in the analysis of variance. It is unlikely that performing the dual task will increase the probe productivity compared to the control condition. The hypothesis about different mechanisms in algorithmized and insight problem solving can be verified by the differences in the dynamics of working memory load at different stages. To test this hypothesis, we split the data into two parts (stages 1–5 and stages 6–10). There are no significant differences between insight and algorithmized problems in the level of working memory load at the early stages (stages 1–5) of solving ($F(1, 195) = 3.07, p = .09, \eta_p^2 = .08$). However, we have found significant differences between the problems in the later stages (stages 6–10) of solving ($F(1, 195) = 6.7, p = .014, \eta_p^2 = .15$). It is likely that the different structures of working memory in insight and algorithmized problem solving are involved at the later stages of solving.

Discussion

The contrast between the experimental conditions (dual task) and the control condition (probe task) is connected with the fact that the probe task comes into competition for the limited resources of working memory structures. At the same time, competition does not disrupt the process of problem solving (all problems have been solved completely). These facts allow us to claim that the probe task meets the requirement of not violating the flow of the natural process, and can be used as a methodological approach to the study of processes in working memory related to thinking. In addition, the technique allows us to monitor the dynamics of working memory load with a time resolution of about one second (the average reaction time in the control condition was 535 ms; the average reaction time in the experimental conditions was 982 ms).

Turning to the results of this study, we can see that the hypothesis about significant differences between the dynamics of working memory load in insight and those of algorithmized problem solving is partially confirmed. There are differences in working memory load between problems at the last stages of solving. The early stages of problem solving are likely related to the reading

and understanding of the problem conditions and require access to the same structures of the working memory. Maximum loading of working memory (“the hump”) can be observed in algorithmized problem solving, which peaks during the eighth stage of solving a problem. This “hump” can be observed within the period of maximal load of working memory when intermediate results of algorithmized problems are maintained. Similar results and interpretation can be found in studies using the probe tasks in attention tests (Kahneman, 1973). However, the dynamics of working memory load in insight problem solving is different. The curve of the dynamics of working memory load has no significant declines and increases, remaining at the same level throughout the time of problem solving.

In our view, the differences between problems at the last stages are an argument for a specific mechanism of insight problem solving. Manifestation of the dynamics of working memory load in algorithmized problem solving shows the relevance of the probe task to processes involved in the solving of this type of problem. At the same time, the fact that significant dynamics of reaction time in insight problem solving during the two-alternative choice task performing was not detected is interpreted as the irrelevancy of the selected probe to processes involved in insight problem solving.

On the one hand, simultaneous relevancy and irrelevancy of the probe to the problems of different types can show us that the various resources are involved in these problems. On the other hand, it is necessary to choose a specific probe which could demonstrate the specific dynamics in insight problem solving for the understanding of the nature of the insight processes. The selection of such a probe would allow us to formulate assumptions about the processes of problem solving and their stages which stand behind the phenomenon of incubation.

To find such a probe in the future we plan to vary probe tasks relative to their content and format of representation (imaginary and semantic), levels of information processing (low-level and high-level), the number of choice alternatives, emotional connotations of a probe, etc. Varying the probes is one attempt to narrow the search area of possible “insight processes”.

Conclusions

Our experimental study confirms the position of proponents of insight specificity. Our work shows the different dynamics of working memory load in insight and algorithmized problem solving at the last stages of solving. We have found the dynamics of working memory load in algorithmized problem solving via a probe task. The dynamics of working memory load in insight problem solving were not detected. The developed probe task technique can be useful for the investigation of the dynamics of problem solving processes. The proposed two-alternative choice task with two simple alternatives is relevant for detecting the algorithmized problem solving dynamics, but irrelevant to processes which are involved in insight problem solving. The main prospect of studies of this issue is the search for new probes that are relevant to the specific insight processes.

References

- Anderson, J.R. (2005). *Cognitive psychology and its implications*. N. Y.: Macmillan. Baddeley, A.D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *Psychology of learning and motivation: Vol. 8* (pp. 47–89). N.Y.: Academic Press.
- Brushlinsky, A. (1979). [*Thinking and forecasting*]. Moscow: Mysl. (Russian).
- Daneman, M., & Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19(4), 450–466. doi: 10.1016/S0022-5371(80)90312-6
- Davidson, J.E. (2003). Insights about insightful problem solving. In J. E. Davidson, & R. E. Sternberg (Eds.), *The psychology of problem solving* (pp. 149–175). New York: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511615771.006
- Duncker, K. (1945). On problem-solving. *Psychological Monographs*, 58(5), 1–113. doi: 10.1037/h0093599
- Ericsson, K.A., & Simon, H.A. (1980). Verbal reports as data. *Psychological Review*, 87(3), 215–251. doi: 10.1037/0033-295X.87.3.215
- Gilhooly, K., Logie, R., Wetherick, N., & Wynn, V. (1993). Working memory and strategies in syllogistic-reasoning tasks. *Memory & Cognition*, 21(1), 115–124. doi: 10.3758/BF03211170
- Hambrick, D.Z., & Engle, R.W. (2003). The role of working memory in problem solving. In J. E. Davidson, & R. E. Sternberg (Eds.), *The psychology of problem solving* (pp. 176–206). N.Y.: Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511615771.007
- Isen, A.M., Daubman, K.A., & Nowicki, G.P. (1987). Positive affect facilitates creative problem solving. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(6), 1122–1131. doi: 10.1037/0022-3514.52.6.1122
- Jones, G. (2003). Testing two cognitive theories of insight. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(5), 1017–1027. doi: 10.1037/0278-7393.29.5.1017
- Köhler, W. (1917). *Intelligenzprüfungen an Anthropoiden*. Berlin: Verlag der Königlichen Akademie des Wissens.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Kahneman, D., & Beatty, J. (1966). Pupil diameter and load on memory. *Science*, 154(3756), 1583–1585. doi: 10.1126/science.154.3756.1583
- Kaplan, C.A., & Simon, H.A. (1990). In search of insight. *Cognitive Psychology*, 22(3), 374–419.
- Knoblich, G., Ohlsson, S., Haider, H., & Rhenius, D. (1999). Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(6), 1534–1555. doi: 10.1037/0278-7393.25.6.1534
- Knoblich, G., Ohlsson, S., & Raney, G.E. (2001). An eye movement study of insight problem solving. *Memory & Cognition*, 29(7), 1000–1009. doi: 10.3758/BF03195762
- Kounios, J., & Beeman, M. (2009). The Aha! moment: The cognitive neuroscience of insight. *Current Directions in Psychological Science*, 18(4), 210–216. doi: 10.1111/j.1467-8721.2009.01638.x
- MacGregor, J.N., Ormerod, T.C., & Chronicle, E.P. (2001). Information processing and insight: A process model of performance on the nine-dot and related problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(1), 176–201. doi: 10.1037//0278-7393.27.1.176
- Maier, N.R. (1931). Reasoning in humans. II. The solution of a problem and its appearance in consciousness. *Journal of Comparative Psychology*, 12(2), 181–194. doi: 10.1037/h0071361
- Metcalf, J., & Wiebe, D. (1987). Intuition in insight and noninsight problem solving. *Memory & Cognition*, 15(3), 238–246. doi: 10.3758/BF03197722
- Moss, J., Kotovsky, K., & Cagan, J. (2011). The effect of incidental hints when problems are suspended before, during, or after an impasse. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(1), 140–148. doi: 10.1037/a0021206
- Newell, A., & Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Ohlsson, S. (1992). Information-processing explanations of insight and related phenomena. In M. Keane, & K. Gilhooly (Eds.), *Advances in the psychology of thinking: Vol. 1* (pp. 1–44). London: Harvester Wheatsheaf.
- Öllinger, M., Jones, G., & Knoblich, G. (2008). Investigating the effect of mental set on insight problem solving. *Experimental Psychology*, 55(4), 269–282. doi: 10.1027/1618-3169.55.4.269
- Ormerod, T.C., MacGregor, J.N., & Chronicle, E.P. (2002). Dynamics and constraints in insight problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(4), 791–799. doi: 10.1037/0278-7393.28.4.791
- Ponomarev, Y.A. (1976). [*Psychology of creativity*]. Moscow: Nauka. (Russian).
- Posner, M.I., & Boies, S.J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78(5), 391–408. doi: 10.1037/h0031333
- Posner, M.I., & Snyder, C. (1975). Attention and cognitive control. In R. Solso (Ed.), *Information processing and cognition: The Loyola symposium* (pp. 55–85). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Robbins, T., Anderson, E.J., Barker, D., Bradley, A., Fearnlyhough, C., Henson, R., Hudson, S., & Baddeley, A. (1996). Working memory in chess. *Memory & Cognition*, 24(1), 83–93. doi: 10.3758/BF03197274
- Robertson, S.I. (2001). *Problem solving*. Philadelphia: Psychology Press. doi: 10.4324/9780203457955
- Segal, E. (2004). Incubation in insight problem solving. *Creativity Research Journal*, 16(1), 141–148. doi: 10.1207/s15326934crj1601_13
- Seifert, C.M., Meyer, D.E., Davidson, N., Patalano, A.L., & Yaniv, I. (1994). Demystification of cognitive insight: Opportunistic assimilation and the prepared-mind hypothesis. In R. Sternberg, & J. Davidson (Eds.), *The nature of insight* (pp. 65–124). Cambridge: MIT Press.
- Spiridonov, V.F. (2006). [*The psychology of thinking: Problem solving*]. Moscow: Genesis. (Russian).
- Tikhomirov, O.K. (1969). [*The structure of human thinking activity*]. Moscow: MSU. (Russian).
- Weisberg, R.W., & Alba, J.W. (1981). An examination of the alleged role of “fixation” in the solution of several “insight” problems. *Journal of Experimental Psychology: General*, 110(2), 169–192. doi: 10.1037/0096-3445.110.2.169
- Wertheimer, M. (1959). *Productive thinking*. New York: Harper & Row.
- Woodworth, R. (1938). *Experimental Psychology*. New York: Holt.

Динамика загрузки рабочей памяти при решении инсайтных задач

Сергей Юрьевич Коровкин

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

Илья Юрьевич Владимиров

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

Анна Джумберовна Савинова

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

Аннотация. В работе описаны возможные методические приемы оценки процесса решения задач как основного задания с помощью вторичного задания-зонда. Предложена методика оценки микродинамики мыслительных процессов на основе изменения динамики загрузки рабочей памяти при решении задач с использованием зонда-монитора. Приведены результаты оценки динамики загрузки рабочей памяти при решении инсайтных и алгоритмизированных задач с помощью задания-выбора. Продемонстрировано наличие значимых различий между динамикой загрузки рабочей памяти при решении инсайтных и алгоритмизированных задач на последних этапах решения, что подтверждает гипотезу о специфичности процессов инсайтного решения. Выявлена значимая динамика загрузки рабочей памяти в процессе решения алгоритмизированных задач. Значимой динамики загрузки рабочей памяти при решении инсайтных задач при выполнении задания-выбора из двух альтернатив не обнаружено.

Контактная информация: Коровкин Сергей Юрьевич, korovkin_su@list.ru, факультет психологии, ЯрГУ им. П. Г. Демидова, пр-д Матросова, д. 9, к. 204, 150057, Ярославль, Россия.

Ключевые слова: решение задач, инсайт, задание-зонд, рабочая память, динамика мыслительных процессов

© 2014 Сергей Юрьевич Коровкин, Илья Юрьевич Владимиров, Анна Джумберовна Савинова. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons "Attribution" \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания авторов и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12–06–00133–а.

Статья поступила в редакцию 31 мая 2014 г. Принята в печать 8 декабря 2014 г.

Проблема исследования

Решение сложных творческих проблем нередко сопровождается чувством озарения, которое известно в психологии мышления как феномен инсайта. Предметом данного исследования является инкубация решения — фаза мыслительного процесса, которая традиционно рассматривается как предшествующая инсайту. Вопрос о том, какие познавательные процессы предшествуют озарению и для чего необходима инкубация, является основной проблемой в когнитивных исследованиях инсайта. Ряд исследователей считает, что во время инкубации происходят вычислительные процессы по типу перехода по «дереву решений» (Newell, Simon, 1972). По мнению других авторов, во время

инкубации может происходить очистка рабочей памяти от неверных решений (Anderson, 2009), активное ожидание подходящей информации (Seifert et al., 1995), а также процессы активной переработки информации (Davidson, 2003; Knoblich et al., 2001).

Традиционно феномен инсайта рассматривается в психологии мышления в рамках гештальт-психологического направления. Гештальтистами были поставлены основные принципиальные теоретические вопросы, в частности о специфике продуктивного и репродуктивного мышления, механизмах поиска решения, структуре проблемы и т.д. (Duncker, 1945; Köhler, 1917; Maier, 1931; Wertheimer, 1959). Основная идея данного течения формулируется в виде утверждения о роли целостностных структур в мыслитель-

ном процессе. Таким образом, в центре изучения оказываются не элементы задачи, обладающие свойствами и связями, а феноменальное поле, проблемная ситуация, целостная организация проблемы. В качестве средства решения постулируется нахождение аспекта объекта, включенного в контекст конкретной ситуации (функциональное значение). Инсайт понимается как феномен, в основе которого лежит особый творческий процесс — переструктурирование поля (Köhler, 1917; Knoblich et al., 2001; Ohlsson, 1992).

Доминирующей теорией в когнитивной психологии решения задач долгое время остается теория задачного пространства (Newell, Simon, 1972). Идея, на которой строится данная теория, состоит в том, что решение всякой задачи есть вычисление на основе некоторого набора элементов задачи, представленных в форме репрезентации всех возможных состояний, набора операторов и правил их применения. При такой постановке вопроса нет и не может существовать никаких специфических «творческих» процессов создания нового, есть только вычислительные операции и эвристики их наиболее эффективного применения (Kaplan, Simon, 1990). Однако существуют данные, которые показывают как субъективные различия в решении алгоритмизированных и инсайтных задач (Metcalfe, Wiebe, 1987), так и процессуальные различия в различных типах решений (Kounios, Beeman, 2009). Общее направление идей многих когнитивных исследований решения инсайтных задач направлено либо на отрицание специфических механизмов инсайтного решения (Weisberg, Alba, 1981), либо на реанимацию, настройку и усложнение теории задачного пространства (MacGregor et al., 2001; Ormerod et al., 2002).

Ряд авторов предполагает, что в процессе решения задачи существенную роль играет рабочая память (Anderson, 2009; Robertson, 2001; Ericsson, Simon, 1980). В качестве механизмов участия рабочей памяти в решении могут рассматриваться такие: очистка рабочей памяти, ведущая к выдвиганию новой гипотезы и инсайтному решению (Anderson, 2009), использование рабочей памяти в процессе вербализации решения (Ericsson, Simon, 1980), а также изменение загрузки рабочей памяти при смене репрезентаций в ходе решения и ограниченность ресурса рабочей памяти, затрудняющая решение задач с количеством условий, превышающим критический максимум (Hambrick, Engle, 2003).

Можно предположить качественные особенности изменения загрузки рабочей памяти, отвечающие только одной из моделей инсайта. С точки зрения роли рабочей памяти в феномене инсайта интересны две альтернативные гипотезы. Первая, восходящая к работам гештальтистов и реализованная, например, в оппортунистической модели (Seifert et al., 1995), предполагает неосознаваемые процессы рекомбинирования информации на стадии инкубации. В таком случае должно наблюдаться увеличение загрузки рабочей памяти на стадии инкубации. Вторая, модель забывания, восходящая к Р. Вудворту (Woodworth, 1938) и поддерживаемая, в частности, Дж. Андерсоном, предполагает очистку рабочей памяти, забывание неправильных путей решения, что позволяет в одном из пробных ходов увидеть правильное решение (Ander-

son, 2009). Согласно этой модели должен наблюдаться обратный процесс — падение загрузки рабочей памяти на стадии инкубации.

Среди характерных признаков инсайта наиболее часто называются следующие особенности: внезапность решения (Jones, 2003), оригинальность (творческий характер) решения (Isen et al., 1987), «выход за пределы» (Ohlsson, 1992), наличие инкубационного периода (Segal, 2004; Seifert et al., 1995), «ага-реакция» (Kounios, Beeman, 2009), преодоление фиксированности (Öllinger et al., 2008), нахождение функционального решения (Duncker, 1945). На наш взгляд, критическим признаком для разделения инсайтного и алгоритмизированного решения может служить только нахождение функционального решения как определение нового способа решения задачи (Duncker, 1945). Все остальные особенности не являются конституирующими для инсайтного решения.

Решение и его характер зависят от структуры задачи (Duncker, 1945). Операционализация и актуализация процессов решения задач нами предложена по традиционной схеме — решению задач различных типов. Под алгоритмизированными задачами мы понимаем задачи, для решения которых известна (очевидна или актуализирована) система операторов и правил их применения, а процедура их решения может быть описана в терминах использования алгоритмов. Под инсайтными задачами мы в общем виде понимаем задачи, для успешного решения которых требуется смена операторов или системы их применения (требуется нахождение функционального решения), а новая система операторов и правил для решателя неизвестна (неочевидна или не актуализирована).

Мы предполагаем, что если гипотеза о специфичности процессов инсайтного решения верна, то при решении алгоритмизированных и инсайтных задач в рабочей памяти происходят различные процессы, а, следовательно, динамика загрузки рабочей памяти будет также различна. *Гипотеза нашего исследования* может быть сформулирована следующим образом: существуют значимые различия в динамике загрузки рабочей памяти при решении алгоритмизированных и инсайтных задач. Совпадение кривых загрузки рабочей памяти, на наш взгляд, является признаком наличия общих неспецифических процессов, в то время как различие кривых — признаком различных процессов решения задач. Отсутствие значимой динамики загрузки рабочей памяти в решении задач может расцениваться как нерелевантность задания-зонда для оценки текущих процессов.

Метод

Попытки решить проблему инсайта наталкиваются на проблему метода. Сложности, прежде всего, связаны с ограничением классических методов, позволяющих наблюдать феномен, но оказываются недостаточно мощными для исследования микродинамики мыслительного процесса.

Микродинамика мыслительного процесса (динамика решения внутри одной задачи) по сравнению с аналогичными параметрами других познавательных

процессов изучена достаточно поверхностно. В работах, посвященных данному вопросу, преобладает феноменологический анализ самоотчетов испытуемых и выделение этапов на основании авторских представлений об этапах решения задачи (Duncker, 1945; Брушлинский, 1979). Реже встречается выделение этапов на основе анализа протоколов решения (Спирidonov, 2006) и описание динамики мыслительного процесса на основе дополнительных индикаторов: эмоциональная реакция (Тихомиров, 1969), движение глаз (Knoblich et al., 1999), субъективная оценка близости к решению (Metcalfе, Wiebe, 1987). Первый вариант решения проблемы представляется нам исторически оправданным для периода развития психологического знания, на котором он применялся, однако он обладает существенными недостатками — априорной заданностью результата поиска (подгонка эмпирических данных под авторскую концепцию), невозможностью составить представление о механизмах мыслительного процесса, невозможностью учета тонкой микродинамики (особенностей протекания процесса на коротких временных интервалах). Наиболее перспективным нам представляется сочетание второго и третьего пути — соотнесение протоколов решения (протоколы «мышления вслух» или иной способ объективации мыслительного процесса) с дополнительными индикаторами. При этом выбираемый индикатор должен быть связан с мыслительным процессом.

Требования, которые можно предъявить к методике исследования динамики процессов при решении мыслительных задач, на наш взгляд, следующие. Во-первых, такая методика должна отслеживать динамику по возможности на максимально коротких временных интервалах (от секунд до миллисекунд) на протяжении всего решения задачи, во-вторых, должна быть релевантна процессам решения задач, скрытым от прямого наблюдения, в-третьих, методика не должна нарушать и останавливать естественное течение мыслительного процесса.

Инсайт описывается сторонниками специфичности его механизмов как феномен, который носит «мгновенный» характер (Duncker, 1945; Metcalfе, Wiebe, 1987; Ohlsson, 1992). Поэтому можно предполагать, что в его основе лежат либо очень простые, либо очень быстрые процессы. Эти уточнения налагают ряд серьезных требований к методике исследования, в частности, к качеству ее «разрешения» во времени. В ряде работ предприняты попытки оценить динамику процессов, сопровождающих решение задач, на различных интервалах: фиксация взгляда при движении глаз во время решения задач с интервалом в 1/3 часть времени решения задачи (Knoblich et al., 2001), оценка чувства близости к решению на интервалах по 15 секунд (Metcalfе, Wiebe, 1987), текущее изменение КГР на интервалах менее 5 секунд (Тихомиров, 1969), текущее изменение ЭЭГ на интервалах менее 100 миллисекунд (Kounios, Veeman, 2009). Несмотря на попытки использования оценки динамики сопутствующих процессов при решении задач, с их помощью достаточно сложно говорить о механизмах, лежащих в основе мыслительных процессов.

Требованию релевантности мыслительным процессам в большей степени отвечают техники срезов, самоотчетов испытуемых об осуществляемых операциях, актуальной репрезентации и т.п. (Metcalfе, Wiebe, 1987; Пономарев, 1976). В их основе лежит идея о возможности приостановки решения задачи (или ее дробления на более мелкие задачи), с целью дать самоотчет об используемых при решении операциях. Однако данные техники оперируют слишком крупными временными интервалами, серьезно вмешиваются в естественное течение мыслительного процесса, а также вызывает сомнения эффективность и объективность самоотчетов.

Одной из характеристик релевантных механизмов решения задач, могут служить процессы, протекающие в рабочей памяти. В обзоре Д. Хэмбрика и Р. Энгла (2003) рассматривается история исследований роли рабочей памяти в мыслительном процессе. Эти исследования позволяют с уверенностью сказать, что данная структура играет существенную роль в процессе решения задач, именно она ответственна за хранение актуальной репрезентации условий и хода преобразования поля задачи в результате мыслительных операций. Однако данные исследования не дают достаточных представлений о динамике параметров рабочей памяти, которые важны для раскрытия закономерностей динамики мыслительного процесса. В качестве основных направлений (Hambrick, Engle, 2003) выделяют европейский (процессуальный) подход, чаще всего предполагающий экспериментальное исследование взаимного нарушения двух параллельно выполняемых заданий (Baddeley, Hitch, 1974; Robbins et al., 1996) и североамериканский, предполагающий корреляционные исследования связи способностей выполнения заданий определенного типа и параметров рабочей памяти (Daneman, Carpenter, 1980). Корреляционные работы демонстрируют статистическую связь параметров структур рабочей памяти с показателями успешности решения задач. Работы, выполненные в русле экспериментального подхода, используют методический прием двойной задачи, где вспомогательная задача выступает в роли дистрактора (Gilhooly et al., 1993). По характеру и типу дистрактора, дающего эффективное воздействие, авторы судят о том, какая из структур рабочей памяти важна для решения того или иного типа задач. Здесь же необходимо отметить, что схожим приемом будет использование дополнительного средства, облегчающего решение, в частности, использование подсказок во время решения (Moss et al., 2011; Пономарев, 1976). Указанные методы имеют общий существенный недостаток: они показывают, какая из структур рабочей памяти важна для того или иного типа задач, но не позволяют ответить на вопрос: важна ли эта структура на всем протяжении решения или только на каком-то из его этапов. Задание-дистрактор разрушает, а средство (фасилитатор) улучшает процесс в целом.

Для того, чтобы методика не прекращала естественное течение мыслительного процесса, мы предлагаем использование мониторинга процессов рабочей памяти при решении мыслительных задач. Данный методический прием разработан Д. Канеманом (1973),

опирается на его модель ограниченного ресурса и довольно широко используется в исследованиях внимания. Одно из положений данной модели говорит о том, что в ходе выполнения множественного задания, при столкновении с ситуацией дефицита ресурса, политика его распределения выглядит следующим образом: максимально страдает выполнение вспомогательных заданий при практически полной сохранности качества выполнения основного. Такой вариант, так же как и задание-дистрактор, можно рассматривать как частный случай приема двойной задачи. Однако существенными различиями будут следующие. Во-первых, показателем того, что в задаче используется тот или иной вид ресурса или общий ресурс в целом, будет не изменение качества и времени решения основной задачи, а изменение параметров решения вспомогательного задания. Во-вторых, такое вторичное задание, если оно достаточно просто, может предъявляться неоднократно в процессе решения основного (мыслительной задачи), что позволит отслеживать динамику функционирования структур рабочей памяти в связи с динамикой мыслительного процесса. Такой тип двойной задачи для отличия его от методического приема «задание-дистрактор» получило наименование «задание-зонд». Техника «зондирования» процесса так же может осуществляться двумя способами. Первый, обозначим его условно как «зонд-пункция», предполагает однократное предъявление задания-зонда в процессе решения основного задания. Такое предъявление зонда в разные временные промежутки предлагается разным испытуемым из выборки, и по выборочной статистике строятся кривые динамики исследуемого параметра. По такому дизайну построен ряд исследований М. Познера (Posner, Boies, 1971; Posner, Snyder, 1975). С определенными оговорками к этой же стратегии можно отнести технику, предполагающую использование подсказок на разных этапах решения задачи (Moss et al., 2011). Второй вариант был реализован самим Д. Канеманом (1973) и предполагает параллельное выполнение задания-зонда на всем протяжении решения основной задачи. Обозначим его условно как «зонд-монитор». В качестве таких мониторов могут использоваться простые задания на время реакции: время реакции выбора, время обнаружения эталонного стимула и т. п. Данный вариант, на наш взгляд, имеет существенное преимущество перед техникой «зонд-пункция». Он позволяет получать не только выборочные, но и индивидуальные кривые динамики, что обеспечивает возможность осуществить типологический анализ данных и снижает риск получения артефактных результатов.

Таким образом, исходя из модели ограниченности ресурсов, допускается существование различных специфических систем переработки информации («хранилищ»), ограниченных в объеме. В таком случае, по динамике выполнения вторичного задания-зонда можно оценить динамику основной задачи, поскольку происходит конкуренция за ресурс. Сбои, замедления и ошибки в процессе его выполнения будут свидетельствовать о максимальной загрузке рабочей памяти решением основной задачи. Именно такой тип вторичного задания необходим в данном исследовании:

по графику выполнения задания-зонда отслеживается динамика решения основной мыслительной задачи. С помощью такого методического приема можно исследовать проблему инкубации решения задачи: существуют ли специфические механизмы инсайтного решения задач, принципиально отличающие его от процессов решения алгоритмизированных задач.

Испытуемые

Выборку исследования составили 22 испытуемых в возрасте от 18 до 53 лет. В исследовании приняли участие 4 мужчины и 18 женщин — студенты, аспиранты и лица с высшим образованием. Участие испытуемых происходило на добровольной основе, дополнительная мотивация не использовалась.

Процедура

В качестве индикатора динамики мыслительных механизмов выступает загрузка рабочей памяти в ходе решения мыслительных задач. Измерение динамики загрузки рабочей памяти осуществлялось с помощью одновременного выполнения задания-выбора и решения основной мыслительной задачи.

Статистической единицей служило среднее время реакции одного испытуемого на каждом из этапов выполнения задания-зонда. Статистическая обработка осуществлялась с помощью методов однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа.

Испытуемым предлагалось выполнить тренировочную и контрольную серии, в которых выполнялось задание-выбор, а также экспериментальная серия, в ходе которой испытуемым было необходимо решить ряд инсайтных и алгоритмизированных задач при параллельном выполнении задания-выбора. В начале эксперимента испытуемый в качестве ознакомления решал задачу, которая не использовалась в основной серии. Тренировочная серия предполагала ознакомление и тренировку выполнения задания-выбора без одновременного решения задачи. В ходе контрольной серии испытуемый выполнял задание-выбор в течение 90 секунд. Данные контрольной серии рассматриваются нами в качестве эталона фоновой загрузки рабочей памяти при использовании задания-зонда, по отношению к которому в дальнейшем оценивается динамика загрузки рабочей памяти при выполнении двойного задания.

В качестве зонда-монитора загрузки рабочей памяти было использовано задание-выбор, в котором испытуемому предлагается максимально быстро нажимать на соответствующие клавиши (стрелки влево и вправо) в ответ на появляющиеся на экране в случайном порядке карточки зеленого и красного цвета. Исходя из классических теоретических представлений о рабочей памяти (Baddeley, Hitch, 1974), в данном случае основная нагрузка приходится на блок центрального исполнителя. В качестве показателя загрузки рабочей памяти используется динамика времени реакции выбора при выполнении данного задания.

В экспериментальной серии в качестве инсайтных задач были подобраны различные задачи, в которых затруднены пошаговые действия и необходимо обнаружение функционального решения: «Извест-

ный экстрасенс мог предсказать счет любого хоккейного матча до его начала. В чем его секрет? (Ответ: счет 0:0); «Легендарный бегун Флеш Флитфут был настолько быстр, что мог, выключив свет, добежать до кровати до того, как в комнате становилось темно. Как это возможно? (Ответ: он ложился днем)», «Первый получил свое название благодаря размерам, второй — благодаря способности давать дополнительную информацию, третий прославился своим местоположением, четвертый предпочитает выступать инкогнито. А как называют пятого? (Ответ: мизинец)». Алгоритмизированные задачи также были представлены в виде набора задач, отличающихся по формулировке, но выстроенных по принципу выполнения пошаговых действий: «65 × 24 – 541 (Ответ: 1019)», «Отец с двумя сыновьями отправился в поход. На их пути встретила река, у берега которой находился плот. Он выдерживает на воде или отца, или двух сыновей. Как переправиться на другой берег отцу и сыновьям? (Ответ: переправляются оба сына — один сын возвращается — переправляется отец — возвращается второй сын — переправляются оба сына)», «Три курицы за три дня несут три яйца. Сколько яиц несут 12 таких же куриц за 12 дней? (Ответ: 48)».

Испытуемым предлагалось решить две задачи из указанного выше набора с предъявлением зонда, а также две задачи без предъявления зонда. Последовательность предъявления задач варьировалась в случайном порядке компьютерной программой. Задачи были уравнены по сложности — время решения всех задач в условиях без выполнения зонда значимо не различается. В анализ не были включены данные по пробам, в которых: задачи не были решены, задачи решены быстрее 30 секунд, испытуемые имели время хотя бы одной реакции более 9 секунд при выполнении задания-зонда, также не учитывалось время реакции менее 50 миллисекунд. Всего было отсеяно 23% (10 из 44) проб. В связи с тем, что пробы были отсеяны неравномерно, кроме того, в условиях компьютерного случайного предъявления один испытуемый мог решить две задачи одного типа, итоговому анализу подверглись данные по 13 инсайтным и 26 алгоритмизированным задачам.

Все задачи решались устно, с использованием метода «мышления вслух». На мониторе компьютера в верхней части экрана предъявлялась задача, текст которой находился на протяжении всего задания. В центральной части экрана предъявлялись цветные изображения для выполнения задания-зонда. Испытуемый был вынужден самостоятельно решать задачу, и в случае неверного ответа экспериментатор сообщал ему о неверности решения, в случае верного решения испытуемому сообщалось, что задача решена, и выполнение задания прерывалось.

Для каждого испытуемого в отдельной пробе возможно построение графика, отражающего динамику выполнения задания-зонда по всем временным точкам, в которых было зарегистрировано время реакции. Сопоставление динамики выполнения заданий и построение обобщенных графиков возможно либо на основе абсолютных величин (времени до решения), либо на основе относительных (этапы решения).

В силу того, что время решения задач было различно, время выполнения задания было поделено на 10 равных отрезков, на основе которых возможно сопоставление динамики выполнения заданий. Количество этапов выбрано достаточно условно, но руководствуясь требованием максимальной дробности (традиционно в психологии мышления динамика решения рассматривается на трех-четырёх этапах (Knoblich et al., 2001; Moss et al., 2011; Спиридонов, 2006)). Однако увеличение количества этапов приводит к повышению требований к времени реакции (время реакции не должно превышать продолжительность этапа). Следовательно, увеличение количества этапов привело бы к увеличению отсеянных заданий. Размерность в 10 этапов принята нами как оптимальная.

Результаты

В итоге проведенного исследования были получены следующие существенные результаты, описывающие специфику решения инсайтных и алгоритмизированных задач, которые представлены на графиках динамики загрузки рабочей памяти для трех условий (Рисунок 1).

Особо следует отметить следующие результаты. По данным однофакторного дисперсионного анализа, существуют значимые различия в уровне загрузки рабочей памяти между контрольным выполнением задания-выбора и при параллельном выполнении зонда с решением инсайтных ($F(1, 350) = 30.5, p < .001, \eta_p^2 = .48$) и алгоритмизированных задач ($F(1, 480) = 27.4, p < .001, \eta_p^2 = .37$). Это может быть связано с тем, что параллельно выполняемые задания вступают в конфликт за общие ресурсы.

В результате однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями наблюдается отсутствие динамики загрузки рабочей памяти при решении инсайтных задач ($F(9, 130) = .70, p = .71, \eta_p^2 = .06$) и более высокая продуктивность выполнения зонда в условии с инсайтными задачами по сравнению с решением алгоритмизированных задач ($F(1, 390) = 6, p = .019, \eta_p^2 = .14$). Видимо, в решении инсайтных задач задействуется в большей степени другой ресурс, не связанный с выполнением задания-выбора.

С помощью однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями выявлено наличие динамики загрузки рабочей памяти при решении алгоритмизированных задач ($F(9, 260) = 3.48, p < .001, \eta_p^2 = .12$). Выраженная динамика проявляется в наличии «горба» ближе к решению задачи. Следует обратить внимание, что динамика совпадает с результатами, полученными на примере аттенционных заданий (Kahneman, Beatty, 1966), — снижение продуктивности с последующим повышением. Пики продуктивности связаны со сравнительно малозатратными операциями — чтением условий и вербализацией ответа, а снижение продуктивности ближе к концу решения связано с выполнением алгоритмизированных операций.

Выявлено значимое взаимодействие факторов задания и этапов [инсайтная, алгоритмизированная задача, контрольное условие × 10 этапов] при проведении двухфакторного дисперсионного анализа с повтор-

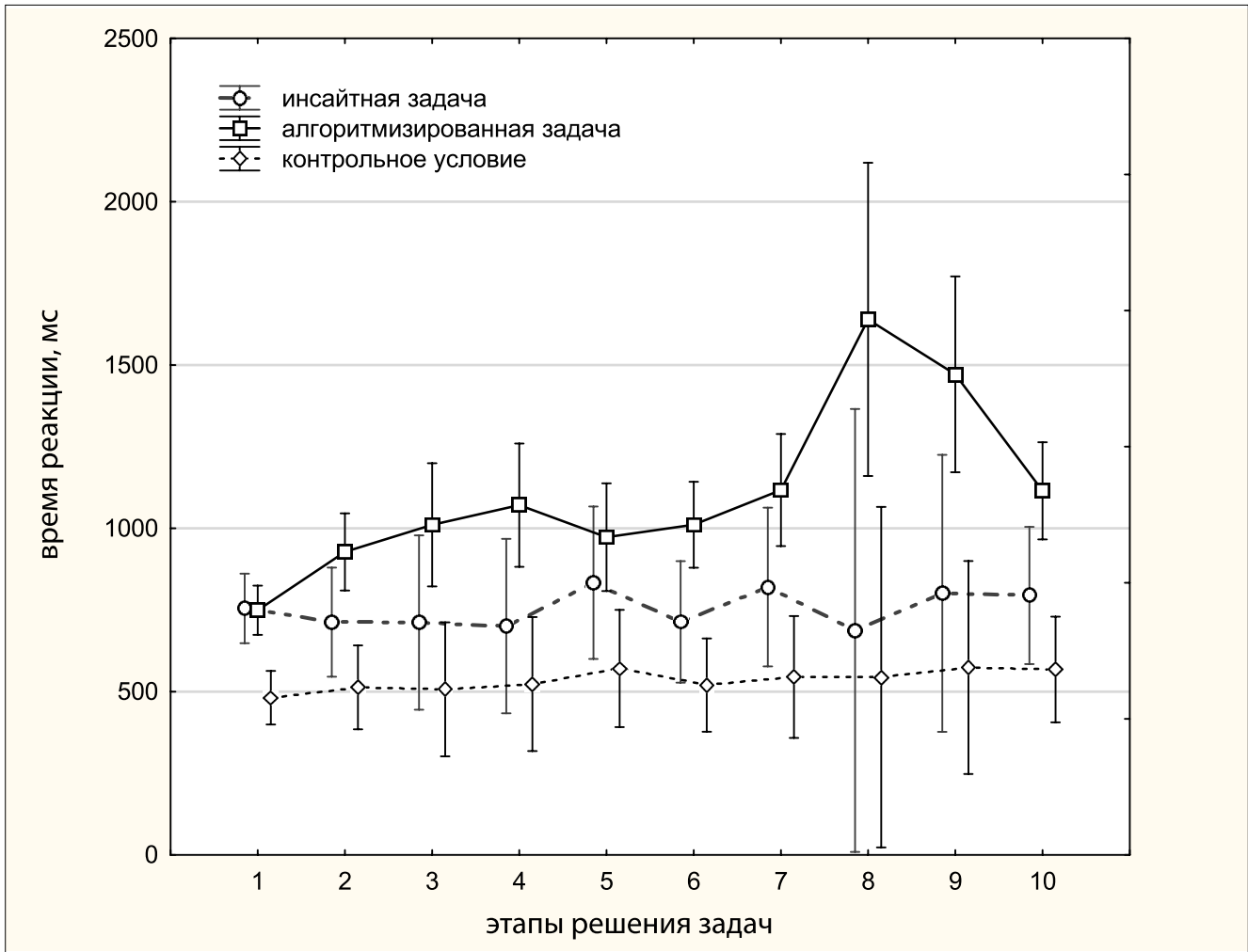


Рисунок 1. Динамика загрузки рабочей памяти при решении мыслительных задач. Ось x — этапы выполнения заданий (решения задач), ось y — время реакции при выполнении задания-зонда (мсек.). Вертикальными линиями отмечен доверительный интервал для 95-процентной вероятности

ными измерениями ($F(18, 610) = 2.1, p < .01, \eta_p^2 = .07$). По данным двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями не обнаружено взаимодействия факторов без учета контрольного условия [инсайтная, алгоритмизированная задача \times 10 этапов] ($F(9, 390) = 1.76, p = .07, \eta_p^2 = .05$). Значимо влияет фактор типа задачи — наблюдаются значимые различия загрузки рабочей памяти при решении инсайтных и алгоритмизированных задач ($F(1, 390) = 6, p = .019, \eta_p^2 = .14$), которые проявляются в общих уровнях продуктивности. Гипотеза о различии механизмов в решении инсайтных и алгоритмизированных задач может быть подтверждена различиями в динамике загрузки рабочей памяти на разных этапах. Для проверки этого предположения мы разделили пробы на две части (1–5 этапы и 6–10 этапы). Между инсайтными и алгоритмизированными задачами не выявлено значимых различий в уровне загрузки рабочей памяти на первых этапах (1–5 этапы) решения ($F(1, 195) = 3.07, p = .09, \eta_p^2 = .08$). В то же время выявлены значимые различия между задачами на поздних этапах (6–10 этапы) решения ($F(1, 195) = 6.7, p = .014, \eta_p^2 = .15$). Вероятно, в решении инсайтных и алгоритмизированных задач на поздних этапах задействованы разные структуры рабочей памяти.

Обсуждение

Отличие экспериментальных условий (выполнение двойного задания) от контрольного задания (выполнение задания-зонда) связано с тем, что выполнение задания-зонда вступает в конкуренцию за ограниченный ресурс структур рабочей памяти. Наличие конкуренции при этом не разрушает процесс решения задачи (все задачи были решены полностью). Данные факты позволяют нам утверждать, что задание-зонд соответствует требованию не нарушать протекание естественного процесса и может быть использовано как методический прием для исследования процессов в рабочей памяти, связанных с мышлением. Кроме того, методика позволяет отслеживать динамику загрузки рабочей памяти с временным разрешением около 1 секунды (среднее время реакции в контрольном условии составило 535 мсек.; среднее время реакции в экспериментальном условии составило 982 мсек.).

Обращаясь к результатам проведенного исследования, можем видеть, что гипотеза о том, что существуют значимые различия в динамике загрузки рабочей памяти при решении инсайтных и алгоритмизированных задач, подтвердилась частично. Выявлены различия в загрузке рабочей памяти между зада-

чами на поздних этапах решения. Ранние этапы задач, вероятно, связаны с чтением и пониманием условий задачи и требуют обращения к одним и тем же структурам рабочей памяти. В решении алгоритмизированных задач наблюдается «горб», то есть максимальная нагрузка рабочей памяти, пик которой приходится на восьмой этап решения задачи. Этот «горб» приходится на период максимальной загрузки рабочей памяти для удержания промежуточных результатов алгоритмизированных задач. Схожие результаты и интерпретацию можно найти в работах с использованием заданий-зондов при выполнении проб на внимание (Kahneman, 1973). В то же время, динамика загрузки рабочей памяти при решении инсайтных задач носит иной характер. Кривая динамики загрузки рабочей памяти не имеет значимых спадов и подъемов, оставаясь на одном уровне на протяжении всего времени решения задачи.

На наш взгляд, различия между задачами на последних этапах — это довод в пользу специфичности механизмов решения инсайтных задач. Проявление динамики загрузки рабочей памяти при решении алгоритмизированных задач демонстрирует релевантность задания-зонда процессам, задействованным в решении этого типа задач. В то же время тот факт, что при решении инсайтных задач не была обнаружена значимая динамика времени реакции при выполнении задания выбора, интерпретируется нами как нерелевантность выбранного зонда процессам, задействованным в поиске инсайтного решения.

С одной стороны, одновременная релевантность и нерелевантность одного зонда в задачах различного типа может нам говорить о различных ресурсах, задействованных в решении этих задач. С другой стороны, для понимания природы процессов инсайтного решения необходимо подобрать специфический зонд, который бы мог продемонстрировать специфическую динамику при решении инсайтных задач. Подбор такого зонда позволил бы сформулировать предположения относительно стоящих за феноменом инкубации решения процессах решения и их этапах.

Для поиска такого зонда в дальнейшем планируется варьирование заданий-зондов относительно их содержания и формата репрезентации зонда (образные и семантические), уровней переработки (низкоуровневые и высокоуровневые), количества альтернатив выбора, эмоциональной коннотации зонда и т.д. Варьирование зондов — одна из попыток сузить зону поиска возможных «инсайтных процессов».

Выводы

Таким образом, результаты экспериментального исследования служат доводом в поддержку сторонников специфичности процессов инсайтного решения. В работе показана различная динамика загрузки рабочей памяти в ходе решения алгоритмизированных и инсайтных задач на последних этапах. Выявлено наличие динамики загрузки рабочей памяти при решении алгоритмизированных задач с помощью

задания-зонда. При решении инсайтных задач динамики загрузки рабочей памяти обнаружить не удалось. Разработанная методика анализа динамики загрузки рабочей памяти может быть полезна для исследования процессов решения мыслительных задач. Предложенное задание выбора из двух простых альтернатив релевантно для выявления динамики процесса решения алгоритмизированных задач, но нерелевантно процессам, задействованным в решении инсайтных задач. Основная перспектива исследований в данной области — поиск новых зондов, релевантных специфическим инсайтным процессам.

Литература

- Брушлинский А. В. Мышление и прогнозирование: логико-психологический анализ. Москва: Мысль, 1979.
- Пономарев Я. А. Психология творчества. М.: Наука, 1976.
- Спиридонов В. Ф. Психология мышления. Решение задач и проблем. Москва: Генезис, 2006.
- Тихомиров О. К. Структура мыслительной деятельности человека. Москва: Изд. Моск. ун-та, 1969.
- Anderson J. R. Cognitive psychology and its implications. N.Y.: Macmillan, 2005.
- Baddeley A. D., Hitch G. Working memory // Psychology of learning and motivation: Vol. 8. / G. Bower (Ed.). N.Y.: Academic Press, 1974. P. 47–89.
- Daneman M., Carpenter P. A. Individual differences in working memory and reading // Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior. 1980. Vol. 19. No 4. P. 450–466. doi: 10.1016/S0022-5371(80)90312-6.
- Davidson J. E. Insights about insightful problem solving // The psychology of problem solving. / J. E. Davidson, R. E. Sternberg (Eds.). New York: Cambridge University Press, 2003. P. 149–175. doi: 10.1017/CBO9780511615771.006.
- Duncker K. On problem-solving // Psychological Monographs. 1945. Vol. 58. No 5. P. 1–113. doi: 10.1037/h0093599. doi: 10.1037/h0093599.
- Ericsson K. A., Simon H. A. Verbal reports as data // Psychological Review. 1980. Vol. 87. No 3. P. 215–251. doi: 10.1037/0033-295X.87.3.215.
- Gilhooly K., Logie R., Wetherick N., Wynn V. Working memory and strategies in syllogistic-reasoning tasks // Memory & Cognition. 1993. Vol. 21. No 1. P. 115–124. doi: 10.3758/BF03211170.
- Hambrick D. Z., Engle R. W. The role of working memory in problem solving // The psychology of problem solving. / J. E. Davidson, R. E. Sternberg (Eds.). N.Y.: Cambridge University Press, 2003. P. 176–206. doi: 10.1017/CBO9780511615771.007.
- Isen A. M., Daubman K. A., Nowicki G. P. Positive affect facilitates creative problem solving // Journal of Personality and Social Psychology. 1987. Vol. 52. No 6. P. 1122–1131. doi: 10.1037/0022-3514.52.6.1122.
- Jones G. Testing two cognitive theories of insight // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 2003. Vol. 29. No 5. P. 1017–1027. doi: 10.1037/0278-7393.29.5.1017.
- Köhler W. Intelligenzprüfungen an Anthropoiden. Berlin: Verlag der Königlichen Akademie des Wissens, 1917.
- Kahneman D. Attention and effort. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall Inc., 1973.
- Kahneman D., Beatty J. Pupil diameter and load on memory // Science. 1966. Vol. 154. No 3756. P. 1583–1585. doi: 10.1126/science.154.3756.1583.
- Kaplan C. A., Simon H. A. In search of insight // Cognitive Psychology. 1990. Vol. 22. No 3. P. 374–419.
- Knoblich G., Ohlsson S., Haider H., Rhenius D. Constraint relaxation and chunk decomposition in insight problem solving // Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 1999. Vol. 25. No 6. P. 1534–1555. doi: 10.1037/0278-7393.25.6.1534.

- Knoblich G., Ohlsson S., Raney G.E.* An eye movement study of insight problem solving // *Memory & Cognition*. 2001. Vol. 29. No 7. P. 1000–1009. doi: [10.3758/BF03195762](https://doi.org/10.3758/BF03195762).
- Kounios J., Beeman M.* The Aha! moment: The cognitive neuroscience of insight // *Current Directions in Psychological Science*. 2009. Vol. 18. No 4. P. 210–216. doi: [10.1111/j.1467-8721.2009.01638.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01638.x).
- MacGregor J.N., Ormerod T.C., Chronicle E.P.* Information processing and insight: A process model of performance on the nine-dot and related problems // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2001. Vol. 27. No 1. P. 176–201. doi: [10.1037/0278-7393.27.1.176](https://doi.org/10.1037/0278-7393.27.1.176).
- Maier N.R.* Reasoning in humans. II. The solution of a problem and its appearance in consciousness // *Journal of Comparative Psychology*. 1931. Vol. 12. No 2. P. 181–194. doi: [10.1037/h0071361](https://doi.org/10.1037/h0071361).
- Metcalfe J., Wiebe D.* Intuition in insight and noninsight problem solving // *Memory & Cognition*. 1987. Vol. 15. No 3. P. 238–246. doi: [10.3758/BF03197722](https://doi.org/10.3758/BF03197722).
- Moss J., Kotovsky K., Cagan J.* The effect of incidental hints when problems are suspended before, during, or after an impasse // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2011. Vol. 37. No 1. P. 140–148. doi: [10.1037/a0021206](https://doi.org/10.1037/a0021206).
- Newell A., Simon H.A.* Human problem solving. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972.
- Ohlsson S.* Information-processing explanations of insight and related phenomena // *Advances in the psychology of thinking*: Vol. 1. / M. Keane, K. Gilhooly (Eds.). London: Harvester Wheatsheaf, 1992. P. 1–44.
- Öllinger M., Jones G., Knoblich G.* Investigating the effect of mental set on insight problem solving // *Experimental Psychology*. 2008. Vol. 55. No 4. P. 269–282. doi: [10.1027/1618-3169.55.4.269](https://doi.org/10.1027/1618-3169.55.4.269).
- Ormerod T.C., MacGregor J.N., Chronicle E.P.* Dynamics and constraints in insight problem solving // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2002. Vol. 28. No 4. P. 791–799. doi: [10.1037/0278-7393.28.4.791](https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.4.791).
- Posner M.I., Boies S.J.* Components of attention // *Psychological Review*. 1971. Vol. 78. No 5. P. 391–408. doi: [10.1037/h0031333](https://doi.org/10.1037/h0031333).
- Posner M.I., Snyder C.* Attention and cognitive control // *Information processing and cognition: The Loyola symposium*. / R. Solso (Ed.). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1975. P. 55–85.
- Robbins T., Anderson E.J., Barker D., Bradley A., Fearnyhough C., Henson R., Hudson S., Baddeley A.* Working memory in chess // *Memory & Cognition*. 1996. Vol. 24. No 1. P. 83–93. doi: [10.3758/BF03197274](https://doi.org/10.3758/BF03197274).
- Robertson S.I.* Problem solving. Philadelphia: Psychology Press, 2001. doi: [10.4324/9780203457955](https://doi.org/10.4324/9780203457955).
- Segal E.* Incubation in insight problem solving // *Creativity Research Journal*. 2004. Vol. 16. No 1. P. 141–148. doi: [10.1207/s15326934crj1601_13](https://doi.org/10.1207/s15326934crj1601_13).
- Seifert C.M., Meyer D.E., Davidson N., Patalano A.L., Yaniv I.* Demystification of cognitive insight: Opportunistic assimilation and the prepared-mind hypothesis // *The nature of insight*. / R. Sternberg, J. Davidson (Eds.). Cambridge: MIT Press, 1994. P. 65–124.
- Weisberg R.W., Alba J.W.* An examination of the alleged role of “fixation” in the solution of several “insight” problems // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1981. Vol. 110. No 2. P. 169–192. doi: [10.1037/0096-3445.110.2.169](https://doi.org/10.1037/0096-3445.110.2.169).
- Wertheimer M.* Productive thinking / M. Wertheimer (Ed.). New York: Harper & Row, 1959.
- Woodworth R.* *Experimental Psychology*. New York: Holt, 1938.

Перцептивное пространство и предикторы различения эмоциональных экспрессий лица

Ольга Александровна Королькова

Центр экспериментальной психологии МГППУ; Московский институт психоанализа, Москва, Россия

Аннотация. Статья посвящена изучению эффекта категориальности восприятия эмоциональных выражений лица человека. На материале искусственно сгенерированных «морфов» и выраженных натурщиком экспрессий проведены исследования идентификации и различения переходных изображений между выражениями базовых эмоций. Анализ результатов показал, что расстояния в перцептивном пространстве, построенном по данным идентификации эмоций, являются значимым предиктором точности различения экспрессий. Полученные данные не подтверждают гипотезы об абсолютном эффекте категориальности, но согласуются с двухстадийными моделями категоризации экспрессий лица (Huttenlocher et al., 2000; Roberson et al., 2007), предполагающими градуальное увеличение эффективности различения по мере удаления от центра категории.

Контактная информация: Ольга Александровна Королькова, olga.kurakova@gmail.com, Шелепихинская наб., д. 2а, Центр экспериментальной психологии МГППУ, 123390 Москва, Россия.

Ключевые слова: категоризация, эффект категориальности восприятия, эмоциональная экспрессия, экспрессия лица, перцептивное пространство, эмоции

© 2014 Ольга Александровна Королькова. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ, проект № 12-36-01257а2 «Закономерности восприятия и структура перцептивного пространства экспрессий лица».

Статья поступила в редакцию 25 октября 2014 г. Принята в печать 27 ноября 2014 г.

Введение

Мы воспринимаем окружающий мир, разделяя его на категории. Процессы категоризации активно изучаются в когнитивной науке и рассматриваются многими исследователями как основа познания и организации опыта (Брунер, 1977; Лакофф, 2004; Cohen, Lefebvre, 2005; Harnad, 2005; Mervis, Rosch, 1981 и др.). В частности, ставится вопрос о том, как определить, что такое категория и на каком основании мы относим к ней те или иные объекты: категоризуем ли мы их по закону «все или ничего» или можем оценивать степень их принадлежности сразу к нескольким категориям. Первая точка зрения связана с классическим аристотелевским подходом и законами формальной логики (Брунер, 1977; Harnad, 2005), согласно которым при выполнении ряда необходимых и достаточных условий объект считается входящим в категорию; вторая — с понятием

нечетких множеств и теорией прототипов (Rosch, 1975; Rosch et al., 1976; Zadeh, 1965), предполагающей наличие «семейного сходства» объектов из одной категории.

Проявление категориального способа познания приводит к возникновению эффекта категориальности восприятия: при одинаковых физических различиях объекты из разных категорий воспринимаются как больше отличающиеся друг от друга по сравнению с объектами из одной и той же категории (Harnad, 1990). Такого рода эффекты были обнаружены как в слуховой модальности на материале фонем (напр., Liberman et al., 1957), так и в зрительной — на материале цвета (Paramei, 2005; Roberson et al., 2006; Winawer et al., 2007 и др.), формы объектов (Hartendorp et al., 2010), лица человека (напр., Angeli et al., 2008; Calder et al., 1996; Campanella et al., 2001; Levin, Beale, 2000) и др.

Классическая модель абсолютного эффекта категориальности (Studdert-Kennedy et al., 1970) предполагала, что различие объектов полностью определяется их категориальной принадлежностью, и среди объектов из одной категории различие происходит на случайном уровне. Абсолютная категориальность противопоставляется континуальному подходу, согласно которому отнесение объектов к категориям никак не влияет на их различие, и объекты с равными физическими различиями будут дифференцироваться одинаково хорошо. Вместе с тем ряд эмпирических данных (полученных прежде всего на материале искусственно сгенерированных фонем — см. обзор в Pastore, 1990) показал, что на основании исключительно информации о категориях объектов или их физических признаках нельзя предсказать различие: эмпирические оценки различения систематически превышали значения, теоретически рассчитанные по результатам категоризации. Более слабое утверждение о категориальных эффектах восприятия предполагает нелинейность преобразования физических характеристик стимулов в воспринимаемые между ними различия. В соответствии с прототипическим пониманием категоризации был предложен ряд моделей двойной переработки, происходящей параллельно на уровне категорий (быстрая первичная категоризация) и на уровне отдельных объектов и их сенсорных признаков (дифференцированная переработка свойств конкретного представителя категории) (Duffy et al., 2006; Fujisaki, Kawashima, 1969; Huttenlocher et al., 2000). При этом в зависимости от доступности информации в конкретных условиях восприятия вклад каждого из уровней варьирует, так чтобы в среднем обеспечить как можно большую точность суждений наблюдателя.

Дискуссия идет и относительно того, на каком этапе процесса познания формируется эффект категориальности. По мнению А. Либермана и его последователей, категоризация происходит уже на ранних стадиях восприятия, и для последующей переработки доступен только ее результат, а информация о более точном различии объектов теряется. Д. Массаро (Massaro, 1990, 1998) предположил, что сенсорная информация воспринимается как континуальная, а присваивание категориального «ярлыка» происходит лишь при принятии решения и соответствующем действии с воспринимаемым объектом.

Одним из классов объектов, на котором изучаются проявления эффекта категориальности, является лицо человека и выраженные на нем эмоциональные экспрессии. В основном в качестве объектов восприятия используется материал, созданный на основе представлений о базовых эмоциях и культурной универсальности их проявлений в мимике и оценок наблюдателями (Ekman, 1994; Ekman, Friesen, 1978). Существует целый ряд исследований, посвященных категориальному восприятию выражений базовых эмоций на лице — как взрослыми (Calder et al., 1996; Fugate, 2013; de Gelder et al., 1997; Young et al., 1997), так и детьми и младенцами (Cheal, Rutherford, 2011; Kotsoni et al., 2001), а также при различных нарушениях психики (Kee et al., 2006; Teunisse, de Gelder, 2001). Вместе с тем имеющиеся на сегодняшний день результаты зачастую являются

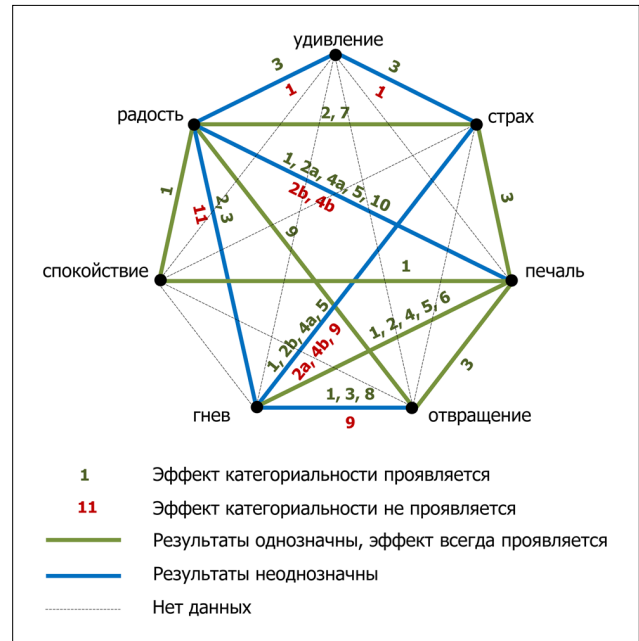


Рисунок 1. Результаты исследований эффекта категориальности переходных эмоциональных экспрессий. Обозначения исследований: (1) Etcoff, Magee, 1992; (2, 2a, 2b) Calder et al., 1996; (3) Young et al., 1997; (4, 4a, 4b) de Gelder et al., 1997; (5) Roberson, Davidoff, 2000; (6) Teunisse, de Gelder, 2001; (7) Suzuki et al., 2004; (8) McCullough, Emmorey, 2009; (9) Fiorentini, Viviani, 2009; (10) Cheal, Rutherford, 2011; (11) Schiano et al., 2004

противоречивыми и неоднородными: так, в ряде работ эффекта категориальности не наблюдалось на отдельных эмоциональных экспрессиях (например, при различении переходных экспрессий между гневом и радостью или гневом и страхом — см. Fiorentini, Viviani, 2009; de Gelder et al., 1997; Schiano et al., 2004), либо он исчезал вовсе при введении вербальной интерференции (Roberson, Davidoff, 2000) или уменьшении времени экспозиции изображений (Suzuki et al., 2005). На рисунке 1 схематично представлены все возможные переходы между экспрессиями семи базовых эмоций и основные результаты исследований эффекта категориальности. Наиболее полным исследованием является работа Э. Янга и др. (Young et al., 1997), однако она также включала в качестве стимульного материала не все переходы между базовыми эмоциями. Отметим, что для восьми переходных рядов данные отсутствуют.

Кроме того, особенность большинства проведенных исследований заключается в использовании компьютерных «морфов» — изображений, которые являются достаточно искусственными. Нерешенным остается вопрос о том, подчиняется ли закономерностям, установленным на такого рода материале, восприятие экспрессивного лица человека в естественных условиях.

В связи с этим, основной целью исследования было, во-первых, изучение эффекта категориальности на всей совокупности переходов между базовыми эмоциональными экспрессиями и выявление категориальных предикторов различения экспрессий, во-вторых, сопоставление данных эффектов и степени их проявления на материале как сгенерированных компьютером, так и выраженных натурщиком переходных экспрессий.

Эффект категориальности на материале искусственных переходных экспрессий

На первом этапе было проведено исследование различения и идентификации искусственных переходных эмоциональных экспрессий, с тем чтобы уточнить и дополнить результаты Э. Янга и др. (Young et al., 1997)¹. При наличии абсолютного эффекта категориальности мы ожидаем, что точность различения изображений будет зависеть от их категориальной принадлежности.

Методика

Переходные изображения экспрессий лица создавались с помощью линейного компьютерного морфинга на основании монохромных фотографий одного натурщика-мужчины, выражавшего шесть базовых эмоций и нейтральное состояние (натурщик JJ из базы PoFA: Ekman, 1993). Всего был сформирован 21 переходный ряд (между всеми парами фотографий); ряды включали по две опорных фотографии и четыре переходных «морфа». Физические различия между соседними изображениями в ряду сохранялись неизменными и оценивались на основании метрики Г. Хакена: мера различий рассчитывалась как вычтенное из единицы скалярное произведение векторов, компонентами которых являются нормированные значения каждой точки изображения в цветовом пространстве RGB. При достаточно больших различиях (больше .05) данный показатель линейно связан с процентом морфинга (Барабанщиков, Жегалло, 2007). В настоящей работе использовалась единая мера различий как между «морфами», так и между кадрами из высокоскоростной видеозаписи (см. второй этап исследования), что дало возможность применить процедуру исследования эффекта категориальности, ранее разработанную только для искусственных «морфов», и к изображениям лица натурщика.

В связи с большим объемом стимульного материала вся совокупность изображений была разделена на семь наборов, так чтобы каждый содержал четыре опорные фотографии и три перехода между ними. В таблице 1 приведены номера наборов, в которые был включен каждый переходный ряд.

Испытуемые являлись студентами первого и второго высшего образования вузов Москвы и Московской области и принимали участие в исследовании в рамках практикумов по экспериментальной психологии. Каждый испытуемый участвовал только в одной серии — задаче идентификации или различения — и работал с одним из семи стимульных наборов. Объем выборки на каждый набор изображений составлял по 18–25

¹ В данном разделе приведены результаты цикла экспериментов на материале искусственных переходов между базовыми эмоциональными экспрессиями, частично опубликованные ранее (Куракова, Жегалло, 2012; Королькова, 2014; Kogolkova, 2014; Kurakova, 2011). В настоящей работе использованы иные по сравнению с предыдущими работами методы анализа данных, позволяющие описать структуру перцептивного пространства и соотнести результаты идентификации и различения экспрессий. Результаты, полученные на материале мимических переходных экспрессий (см. второй этап исследования), публикуются впервые.

Экспрессия 2	Экспрессия 1					
	радость	удивление	страх	печаль	отвращение	гнев
удивление	1					
страх	7	2				
печаль	4	1	3			
отвращение	2	6	2	4		
гнев	5	3	7	3	5	
спокойствие	7	6	4	1	4	6

Таблица 1. Распределение переходных рядов по наборам стимульного материала (приведены номера наборов, в которые входил каждый переходный ряд)

испытуемых в задаче идентификации (всего 138 человек, средний возраст 25 ± 8.8 лет, медиана возраста — 21 год; 30% выборки составляли мужчины) и по 20 — в задаче различения (всего 140 человек, средний возраст 23.7 ± 7.5 лет, медиана — 20 лет; 29% мужчин).

В задаче идентификации в случайном порядке на 3 секунды предъявлялись изображения экспрессий, после чего испытуемые выбирали из предложенного списка те эмоции, которые, по их мнению, были выражены на лице: «радость», «гнев», «страх», «удивление», «отвращение», «печаль», «спокойное лицо», причем выбрать они могли как одну, так и несколько эмоций. Каждое изображение предъявлялось по два раза. Задача множественного, а не альтернативного выбора эмоции применялась на основании представлений о нечетких множествах и возможности вхождения объектов одновременно в несколько категорий с различной вероятностью.

В задаче различения в каждой пробе после центрального фиксационного креста (0.6 с) одновременно на 1.5 с предъявлялась пара соседних в переходном ряду изображений, отделенная черно-белой шумовой маской (0.4 с) от следующего затем одного из изображений пары (1.5 с). Испытуемый должен был ответить, слева или справа в паре стояло одиночное тестовое изображение. Количество предъявлений тестового изображения слева или справа в паре было сбалансировано, каждая пара предъявлялась 20 раз, порядок проб рандомизирован. Схема процедуры предъявления приведена на рисунке 2.

Чтобы оценить воспроизводимость результатов, мы провели две дополнительные серии задачи различения. Первая серия основного эксперимента (включавшая те же три переходных ряда: *радость–удивление*, *удивление–печаль* и *печаль–спокойствие*) была повторно проведена на независимой выборке (23 человека, средний возраст 21.9 ± 2.3 лет, медиана возраста — 21 год; 44% выборки — мужчины). Кроме того, проводилась серия с переходными рядами *радость–удивление*, *удивление–печаль* и *печаль–радость*, в которой уравнивалась частота предъявления каждой из базовых эмоций (выборка составила 20 человек, средний возраст 23.4 ± 6 лет, медиана возраста — 19 лет; 35% выборки — мужчины).

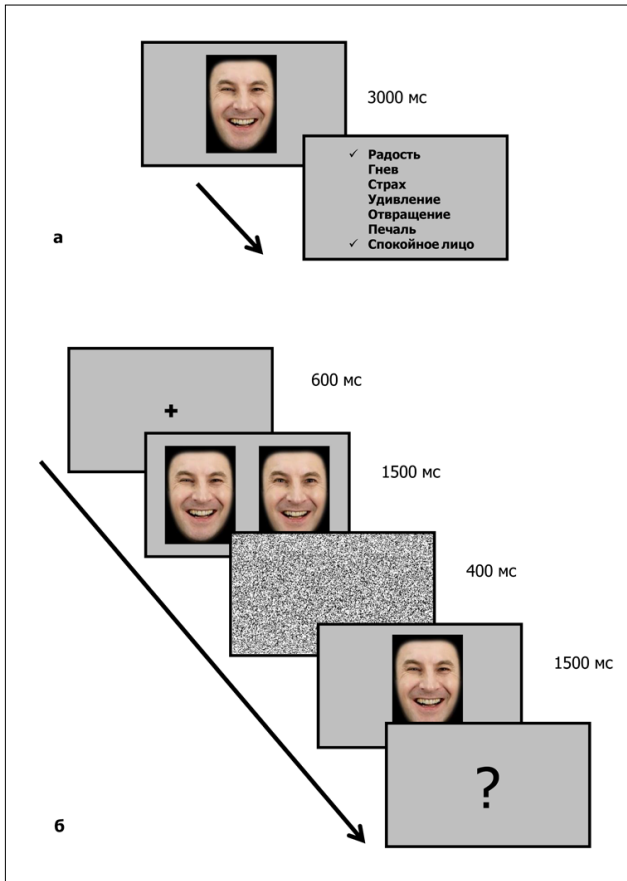


Рисунок 2. Процедура выполнения задач идентификации (а) и различения (б)

Результаты

Обработка данных проводилась в статистических пакетах IBM SPSS Statistics 20 и R 3.1.1 (R Core Team, 2014). По результатам задачи идентификации методом многомерного шкалирования построено перцептивное пространство изображений экспрессий. Размерность пространства на основании критерия стресса выбрана равной трем (нормализованный стресс = .019; коэффициент конгруэнтности Такера = .99). Расстояния между точками в полученном пространстве мы использовали как меру воспринимаемых различий между экспрессиями. Далее с помощью кластерного анализа методом К-средних определялась принадлежность каждого изображения к одной из семи категорий эмоций. Дисперсионный анализ показал значимые различия между каждой парой центров кластеров. В таблице 2 приведены расстояния между центрами кластеров.

Однозначное разделение экспрессий по категориям может рассматриваться как результат классификации изображений в рамках подхода «все или ничего». Пары соседних экспрессий в переходных рядах, в которых оба изображения входили в один и тот же кластер, оценивались как внутрикатегориальные; пары, в которых изображения входили в разные кластеры, — как кросскатегориальные. На рисунке 3 представлены проекции точек, соответствующих изображениям, на ортогональные плоскости трехмерного пространства. Цвет точек кодирует их принадлежность к кластерам.

При анализе результатов дискриминационной задачи нас интересовало, позволяют ли расстояния в перцептивном пространстве, модальность выражен-

Кластер	1	2	3	4	5	6	7
1							
2	1.103						
3	1.078	0.884					
4	1.085	1.063	0.837				
5	1.018	1.109	1.088	1.131			
6	1.084	0.939	0.822	0.745	1.112		
7	1.108	0.953	1.037	1.074	1.040	1.006	

Таблица 2. Расстояния между центрами кластеров для экспрессий-морфов (в пространстве нормализованных результатов идентификации)

ных эмоций и внутри- или кросскатегориальный статус пары экспрессий предсказать точность различения. Если расстояние между экспрессиями позволит лучше объяснить их различие по сравнению с информацией только о категориальном статусе, мы получим свидетельство в пользу слабого проявления категориального эффекта. Если расстояние не играет значимой роли, и достаточно знать, к одной или к разным категориям относятся изображения, это будет говорить об абсолютном эффекте категориальности. Для анализа использовался метод линейной регрессии с фиксированными и случайными эффектами, реализованный в пакете lme4 1.1.7 (Bates et al., 2014) в среде R.

В качестве фиксированных факторов рассматривались:

- *расст* — расстояние в перцептивном пространстве между парами соседних в переходном ряду изображений (по результатам многомерного шкалирования);
- *катег* — внутри- или кросскатегориальный статус пары;
- *ряд* — переходный ряд, к которому принадлежали изображения;
- взаимодействия этих факторов (*расст* × *катег*; *катег* × *ряд*; *ряд* × *расст*; *расст* × *катег* × *ряд*).

Проверка показала, что предикторы умеренно коллинеарны ($\kappa = 19.93$), и факторы *расст* и *катег* коррелируют (коэффициент корреляции Спирмена $\rho = -.66$), в связи с чем при построении модели вместо фактора *расст* мы использовали *расст_{resid}* — остатки фактора *расст* после регрессии по фактору *катег*.

Учитывались следующие случайные эффекты:

- индивидуальные вариации базового уровня различения изображений;
- индивидуальные вариации фактора *катег*;
- конкретной пары изображений;
- стимульного набора, в который входили изображения (см. таблицу 1).

Зависимой переменной выступила точность решения дискриминационной задачи каждым испытуемым для каждой предъявленной стимульной пары (всего 2100 значений; сырые данные — правильные или неправильные ответы в каждой пробе — усреднялись для каждого испытуемого на уровне пар экспрессий). Средние значения точности различения для каждой пары приведены в Приложении 1.

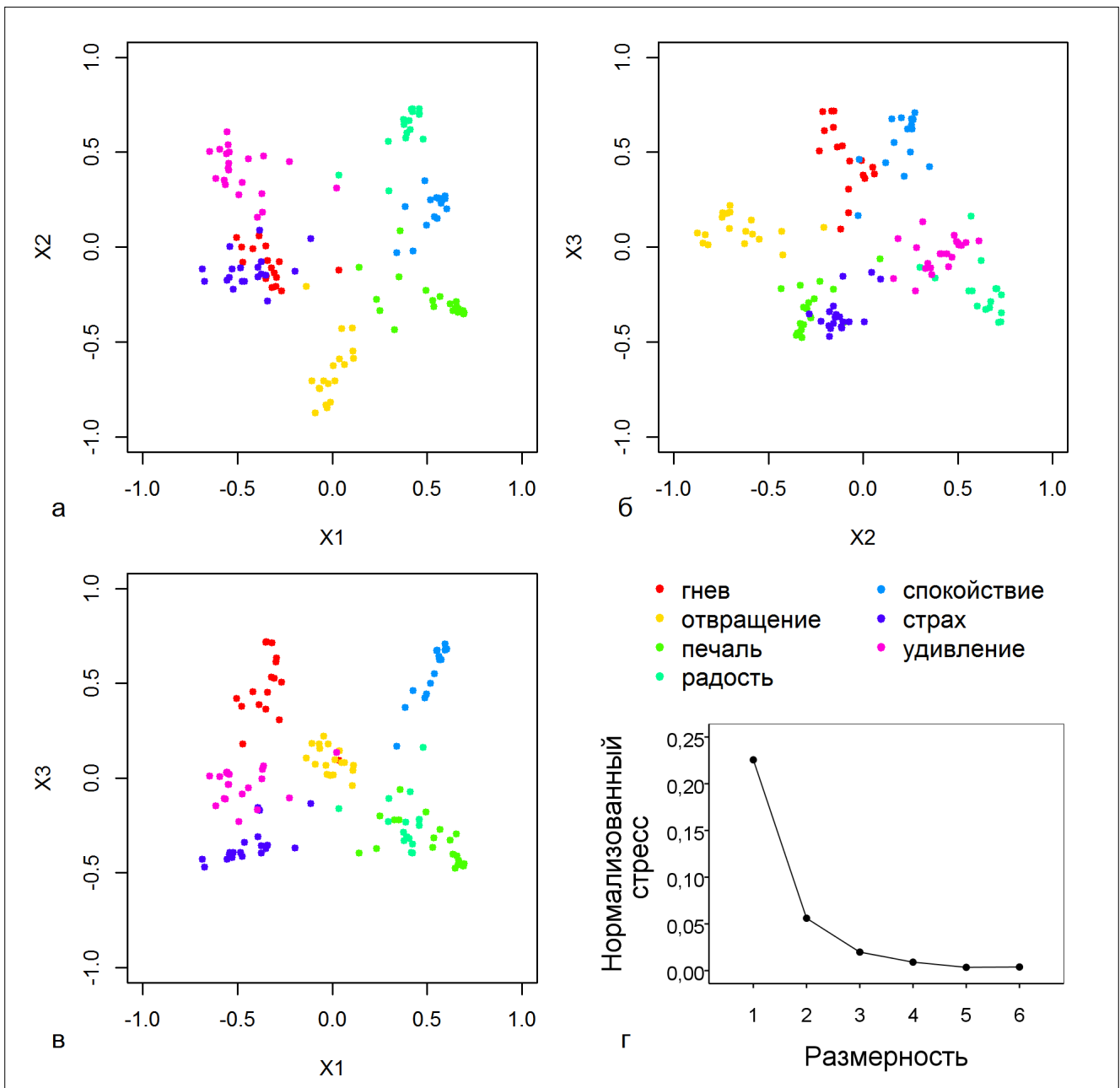


Рисунок 3. Пространство воспринимаемых различий между экспрессиями-«морфами»: а, б, в — категории эмоций в проекции на плоскости трехмерного пространства; г — график нормализованного стресса

Далее значимость каждого из факторов оценивалась путем их последовательного удаления и сопоставления полученной редуцированной модели с начальной (максимальной) моделью с помощью теста отношения правдоподобия (LRT) для случайных эффектов и дисперсионного анализа III типа с аппроксимацией степеней свободы Саттертуэйта — для фиксированных эффектов². Анализ показал значимость случайных эффектов пары изображений ($\chi^2(1)=75.8, p<.001$) и индивидуальных вариаций фактора *катег* ($\chi^2(2)=6.4, p=.04$); эффекты индивидуальных вариаций базового уровня различения и стимульного набора были незначимы ($\chi^2(1)=0, p=1$). Среди фиксированных факторов значимы: *катег* ($F(1, 102.43)=29.8, p<.001$), *ряд* ($F(20, 120.89)=5.07, p<.001$), *расст_{resid}* ($F(1, 103.22)=10.5, p=.002$), а также взаимодействие *расст_{resid} × катег*

($F(1, 103.15)=6.9, p=.01$); не значимы: взаимодействия *расст_{resid} × ряд* ($F(20, 102.43)=1.3, p=.21$), *катег × ряд* ($F(20, 103.62)=0.9, p=.5$) и *расст_{resid} × катег × ряд* ($F(1, 102.41)=0.69, p=.41$).

В итоговую модель вошли факторы переходного ряда, категориального статуса, расстояния в перцептивном пространстве, не объясняемого категориальным статусом, и взаимодействие последних двух факторов, а также значимые случайные эффекты пары изображений и индивидуальных вариаций категориального статуса. Анализ квантиль-квантильных графиков распределения остатков модели и графиков остатков в зависимости от предсказанных значений показал отсутствие значимых отклонений от нормальности и однородность дисперсии. На рисунке 5 представлены графики эмпирической и предсказанной точности различения для каждого переходного ряда. Цветом выделены значения для внутри- и кросскатегориаль-

² LRT и F-тест реализованы в функции `step` из пакета `lmerTest` (Kuznetsova et al., 2014).

ных пар. Коллинеарности между факторами итоговой модели не выявлено ($VIF = 2.75$). Значение коэффициента детерминации (псевдо- R^2): $R^2_m = .22$ (для фиксированных факторов); $R^2_c = .47$ (для полной модели)³. Корреляция значений, предсказанных на основании модели, и эмпирических данных составляет $r = .72$, $p < .001$. В Приложении 1 приведены предсказанные на основании модели значения для фиксированных факторов и доверительные интервалы.

Полученная модель была использована для предсказания результатов двух дополнительных серий задачи идентификации. Корреляция предсказанных значений и эмпирических данных составила $r = .65$, $p < .001$ для повтора первой серии; $r = .68$, $p < .001$ — для серии со сбалансированной частотой базовых эмоций.

Обсуждение

Таким образом, категориальный статус пары экспрессий, расстояние в перцептивном пространстве и конкретный переходный ряд, к которому принадлежат изображения переходных экспрессий, действительно являются значимыми предикторами эффективности различения изображений, однако позволяют объяснить лишь относительно небольшую долю дисперсии. Проверка данной модели на результатах дополнительных серий показала значимую корреляцию предсказанных и эмпирических значений.

Прежде всего, полученные результаты свидетельствуют в пользу слабого эффекта категориальности. По всей видимости, низкоуровневые сенсорные характеристики изображений могут играть важную роль в возможности их различения, равно как и вербальная категоризация. В недавно проведенных исследованиях было показано, что различия в изображениях, которые оцениваются с помощью их вейвлет-декомпозиции, могут объяснять более 50% дисперсии ответов в задаче различения «морфов» между лицами разных расовых типов (Жегалло, Мармалюк, 2014; Ананьева и др., 2014). Необходима проверка данного предположения и на материале переходных экспрессий.

Восприятие различий в переходных изображениях может, по крайней мере, частично быть связано и с «артефактами» линейного преобразования. Линейный морфинг как способ создания переходных изображений имеет ряд ограничений, главным из которых является то, что он не передает реальной динамики лицевых мышц, связанной с выражением эмоций. Искусственный характер переходных экспрессий может оказывать большее влияние на их различение изображений по сравнению с содержательной интерпретацией выраженных эмоций. Для уточнения полученных результатов и проверки возможности

их обобщения на более экологически валидный материал мы провели вторую серию исследований эффекта категориальности экспрессий.

Эффект категориальности на материале мимических переходных экспрессий

На втором этапе исследования стимульным материалом послужили мимические переходы между экспрессиями базовых эмоций. Изображения были получены в результате высокоскоростной видеосъемки натурщика-мужчины, выражающего переходы между семью экспрессиями (Куракова, 2012). Валидизация базовых экспрессий натурщика показала, что они воспринимаются как выражения тех же эмоциональных состояний, что и экспрессии из базы PoFA.

Методика

Из 21 видеоряда переходных экспрессий отбирались по шесть статических кадров с сохранением между последовательными изображениями физических различий, которые рассчитывались при помощи метрики Хакена, как и в первом эксперименте. Поскольку мимические изменения могут происходить неравномерно с течением времени, использование в качестве меры различий номера кадра в видеозаписи или времени между кадрами (см. работу Schiano et al., 2004) представляется некорректным. Всего таким образом было получено 126 кадров.

В задаче идентификации, процедура которой была аналогична описанной выше, испытуемые оценивали, какие из базовых эмоций выражены на каждом изображении. Все 126 экспрессий предъявлялись в случайном порядке в ходе одной экспериментальной серии, в которой участвовали 23 человека (средний возраст — 23.3 ± 5.7 лет, медиана возраста — 20 лет; 35% выборки составляли мужчины).

В задаче различения предъявлялись изображения из двух стимульных наборов: в первый входили переходные ряды *радость–удивление*, *удивление–страх*, *страх–радость*, во второй — *отвращение–гнев*, *гнев–печаль*, *печаль–отвращение*. Процедура также повторяла схему предъявления в серии экспериментов с «морфами». Выборка составила по 20 человек в каждой серии (средний возраст — 19.6 ± 0.75 лет, медиана возраста — 20 лет; 35% выборки — мужчины). Средние точности различения приведены в Приложении 2.

Результаты

По результатам задачи идентификации было построено трехмерное перцептивное пространство (нормализованный стресс = .023; коэффициент конгруэнтности Такера = .988), методом кластерного анализа определены категории эмоций для каждого изображения (рис. 4, табл. 3).

Путем линейной регрессии со случайными эффектами анализировался вклад в точность различения экспрессий тех же факторов, что и в первой части исследования: случайных эффектов пары изо-

³ Значение коэффициента детерминации псевдо- R^2 оценивалось с помощью функции `rsquaredGLMM` из пакета `MuMIn` (Barton, 2014). В случае моделей со смешанными эффектами данный показатель может быть использован в качестве величины эффекта (effect size) наряду с другими, такими как информационный критерий Акаике (AIC) или Ω^2 . Обсуждение применимости псевдо- R^2 как меры качества модели см. в работах: Johnson, 2014; Nakagawa, Schielzeth, 2013.

Кластер	1	2	3	4	5	6	7
1							
2	1.148						
3	1.173	1.186					
4	0.915	1.031	1.111				
5	1.171	1.144	1.178	1.092			
6	1.140	1.038	1.146	0.982	0.744		
7	1.110	0.828	1.113	0.896	1.074		

Таблица 3. Расстояния между центрами кластеров для экспрессий натурщика (в пространстве нормализованных результатов идентификации)

бражений ($\chi^2(1)=135.1$, $p<.001$) и индивидуальных вариаций базового уровня различения ($\chi^2(1)=21.9$, $p<.001$); эффекты индивидуальных вариаций фактора *катег* ($\chi^2(2)=0.2$, $p=.921$) и стимульного набора ($\chi^2(1)=0$, $p=1$) были незначимы. Среди фиксированных факторов значимы: *ряд* ($F(5, 30.93)=3.54$, $p=.012$) и *расст_{resid}* ($F(1, 29.98)=13.5$, $p=.001$); не значимы: *катег* ($F(1, 29.97)=0.82$, $p=.3727$), взаимодействия *расст_{resid} × катег* ($F(1, 29.96)=2.1$, $p=.1565$); *расст_{resid} × ряд* ($F(5, 29.97)=2.3$, $p=.072$), *катег × ряд* ($F(3, 29.95)=2.8$, $p=.06$) и *расст_{resid} × катег × ряд* ($F(3, 29.95)=2.8$, $p=.06$). В Приложении 2 приведены предсказанные на основании модели значения фиксированных факторов.

В итоговую модель вошли факторы переходного ряда и расстояния в перцептивном пространстве, не объясняемого категориальным статусом, а также значимые случайные эффекты пары изображений и индивидуальных вариаций базового уровня различения. Остатки модели не отклоняются от нормального распределения, дисперсия остатков гомогенна, факторы не коллинеарны ($VIF=4.34$; $\kappa=12.63$). На рисунке 5 представлены графики эмпирической и предсказанной точности различения. Цветом выделены значения для внутри- и кросска테고ориальных пар. Коэффициент детерминации (псевдо- R^2) составил $R^2=.30$ (для фиксированных факторов); $R^2=.64$ (для полной модели). Предсказанные значения значимо коррелируют с эмпирическими данными ($r=.82$, $p<.001$).

Обсуждение

Полученные результаты позволяют заключить, что для экологически валидных переходных экспрессий натурщика расстояние в пространстве эмоций и переходный ряд также играют важную роль в объяснении результатов различения, что говорит о слабом проявлении эффекта категориальности. Как и на экспрессиях-морфах, степень эффекта зависит от конкретного переходного ряда. При этом категориальный статус пары как таковой не является значимым предиктором. Это может быть связано с особенностью стимульного материала: большей сложностью контроля теоретических дистанций между фотоизображениями мимики, чем между морфами. Метрика Хакена (скалярное произведение векторов всех точек изображения), использование которой для оценки объективных различий между изображениями экспрессий было предложено

А.В. Жегалло (Барабанщиков, Жегалло, 2007), является формальным критерием, который, предположительно, не отражает различий на перцептивном уровне.

Общее обсуждение результатов

Данное исследование было посвящено проблеме проявления категориальных эффектов при восприятии эмоциональных экспрессий лица человека. Показана взаимосвязь расстояний в перцептивном пространстве экспрессий с точностью их различения как для искусственных компьютерных «морфов», так и для естественных мимических переходов между базовыми экспрессиями.

Структура перцептивных пространств, полученных в нашем исследовании методом многомерного шкалирования по результатам категоризации экспрессий, негомогенна и представляет собой совокупность относительно обособленных кластеров, границы между которыми являются размытыми. Подобные многомерные пространства субъективных различий между экспрессиями, в которых наблюдаются «сгущения» и «разрежения», были получены и ранее (Измайлов и др., 1999; Куракова, 2007; Bimler, Kirkland, 2001; Izmailov, 2001; Izmailov, Sokolov, Korshunova, 2005). Оси таких пространств интерпретируются как валентность, интенсивность или знак эмоции. При этом исходными данными могут быть как прямые оценки степени различий между объектами, так и результаты сортировки или оценки по некоторому набору шкал. Пространственные представления совокупности эмоций и экспрессий применяются исследователями в течение длительного времени и связаны с попытками объединения данных, свидетельствующих как о категориальной, так и о континуальной структуре воспринимаемых объектов. Ранние модели, одновременно описывающие эмоции и как континуум, и как отдельные категории, включают пространство Вудвортса и Шлосберга (Вудвортс, 1950) с тремя измерениями и шестью категориями эмоций. В последнее время отмечается, что категориальные эффекты, возникающие при восприятии эмоциональных экспрессий, могут проявляться в эксперименте наряду с непрерывным восприятием континуума валентности или активации (Fujimura et al., 2012).

Распределение экспрессий в перцептивном пространстве отражает соотношение между категориями базовых эмоций. Мы оценивали внутреннюю структуру полученного пространства. И для мимических экспрессий, и для морфов первая ось пространства позволяет разделить, с одной стороны, экспрессии гнева, удивления и страха (в целом обладающие большей интенсивностью), а с другой — печали, радости и спокойствия. Вторая ось дифференцирует отвращение (реакцию избегания) от радости и удивления, которые можно интерпретировать как реакции приближения. По третьей оси максимизированы различия между категориями гнева и радости, с одной стороны, и страха и печали — с другой. Наибольшая плотность объектов в данном пространстве соответствует центрам категорий, а на границах между ними объекты расположены на большем расстоянии. Следовательно,

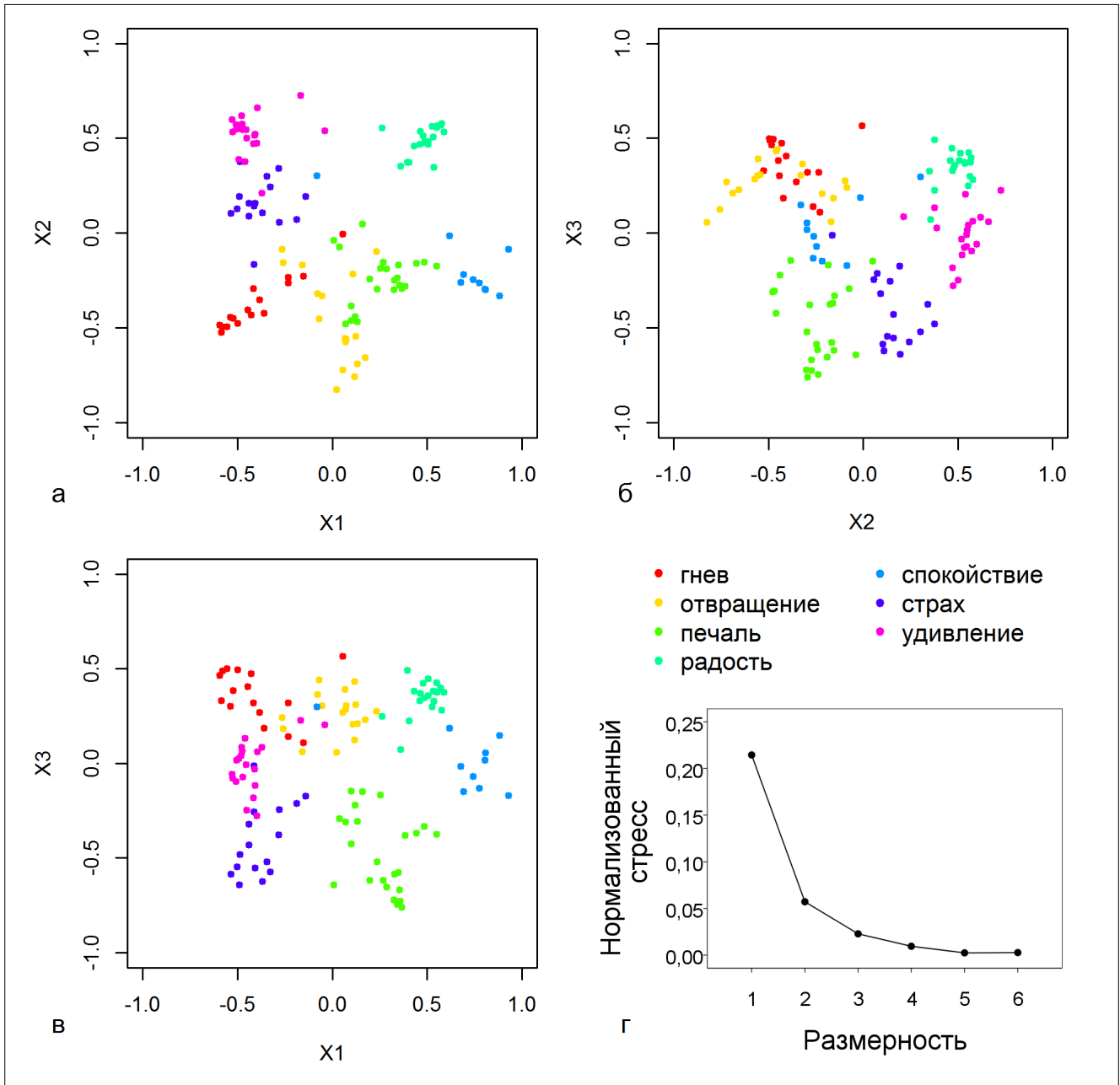


Рисунок 4. Пространство воспринимаемых различий между экологически валидными экспрессиями лица: а, б, в — категории эмоций в проекции на плоскости трехмерного пространства; г — график нормализованного стресса

можно ожидать, что в задаче различения изображений точность ответа будет возрастать с увеличением расстояния в перцептивном пространстве. Регрессионный анализ показал, что это расстояние действительно является одним из предикторов различения изображений. Модальность базовых экспрессий, между которыми совершается переход, также влияет на точность распознавания. Данный результат может свидетельствовать об изначальной неравнозначности пар базовых экспрессий: некоторые из них более, а другие — менее сходны между собой. Вследствие этого при одинаковом количестве изображений в переходном ряду задача различения в целом становится более или менее сложной, и базовый уровень различения варьирует. Это может объяснить разброс результатов ранее проведенных исследований, в части которых эффект категориальности проявился, а в других — нет.

Полученные данные согласуются с двухстадийными моделями категоризации экспрессий (Huttenlocher et al., 2000; Roberson et al., 2007), предполагающими градуальное увеличение эффективности различения от центров категорий к областям на их границах. Следуя логике этих моделей, необходимо экспериментальное разделение вклада сенсорного и категориального уровней при различении экспрессий. Возможным способом решения данной задачи может быть пространственная инверсия изображений, при которой эффект категориальности пропадает (de Gelder et al. 1997), а низкоуровневые различия должны сохраняться. Однако проведенное нами исследование идентификации и различения инвертированных экспрессий (Kurakova, Zhegalo, 2012), а также ряд других работ (Барбанщиков и др., 2010; Goffaux, Rossion, 2007; Rossion, 2009) свидетельствуют о различной степени влияния инверсии на восприятие экспрессий разных модаль-

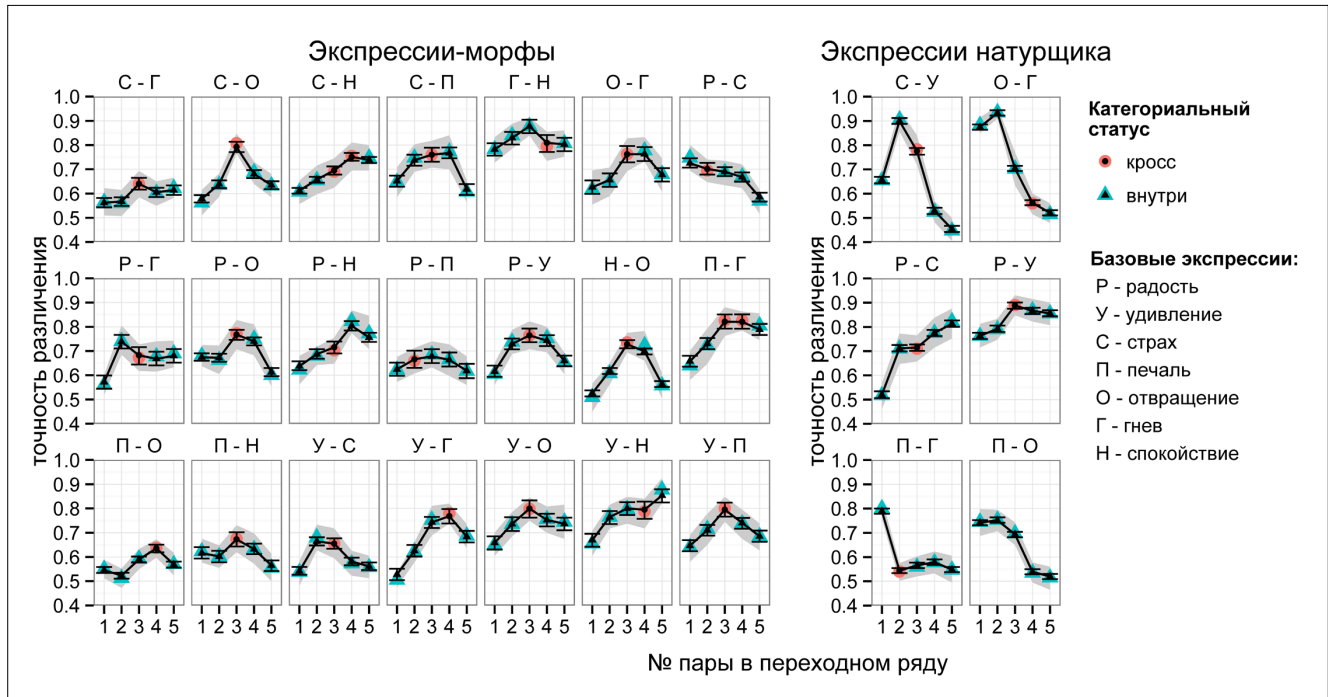


Рисунок 5. Точность различения в зависимости от номера пары в переходном ряду для экспрессий-морфов и для экспрессий натурщика. Красным цветом выделены эмпирические значения для кросскатегориальных пар, зеленым — для внутрикатегориальных; черными точками и треугольниками — значения, предсказанные на основании регрессионного анализа; серая полоса — доверительные интервалы для эмпирических значений, черные засечки — доверительные интервалы для предсказанных значений

ностей и ключевой роли вертикальной организации черт лица в эффекте инверсии. Другим способом является подбор таких переходных изображений, различия между которыми на сенсорном уровне сохранялись бы неизменными (как при прямой ориентации относительно наблюдателя, так и при инверсии). В таком случае можно ожидать, что увеличение точности различения прямых изображений по сравнению с инвертированными будет связано со вкладом эффекта категориальности.

Наконец, помимо стандартных экспрессий «морфов», в нашем исследовании слабый эффект категориальности восприятия был впервые продемонстрирован и на материале естественных (мимических) переходов между выражениями базовых эмоций. Полученные результаты позволяют отвергнуть предположение об эффекте категориальности (в его более слабой форме) как методическом артефакте, связанном с искусственностью воспринимаемых объектов, и распространить его и на более экологически валидный класс экспрессий.

Литература

Ананьева К. И., Жегалло А. В., Мармалюк П. А. Эффективность различения лиц разных расовых типов русскими и тувинскими наблюдателями и как характеристика пространственных свойств изображений // Лицо человека в науке, искусстве и практике / Отв. ред. К. И. Ананьева, В. А. Барабанщиков, А. А. Демидов. М.: Когито-Центр, 2014. С. 41–52.

Барабанщиков В. А., Жегалло А. В. Детерминанты категориальности восприятия экспрессий лица // Вестник Московского государственного областного университета, серия «Психологические науки». 2007. № 3. С. 7–16.

Барабанщиков В. А., Жегалло А. В., Иванова Л. А. Распознавание экспрессий перевернутого изображения лица // Экспериментальная психология. 2010. Т. 3. № 3. С. 66–83.

Брунер Дж. Психология познания. За пределами непосредственной информации / Пер. с англ. М.: Прогресс, 1977.

Вудвортс Р. С. Экспериментальная психология / Сокр. пер. под ред. Г. К. Гуртовского и М. Г. Ярошевского. Москва: Издательство иностранной литературы, 1950.

Жегалло А. В., Мармалюк П. А. Характеристики изображений, определяющие эффективность их различения // Естественно-научный подход в современной психологии / Под ред. В. А. Барабанщикова. М.: «Институт психологии РАН», 2014. С. 157–162.

Измайлов Ч. А., Коришнуова С. Г., Соколов Е. Н. Сферическая модель различения эмоциональных выражений схематического лица человека // Журнал Высшей Нервной Деятельности. 1999. Т. 49. № 2. С. 186–199.

Королькова О. А. Эмоциональная категоризация и различение переходных экспрессий лица // Психологические и психоаналитические исследования. Ежегодник 2014 / Под ред. Ф. Е. Иванова, Н. Л. Нагибиной. М.: Московский институт психоанализа, Центр стратегической конъюнктуры, 2014. С. 205–216.

Куракова О. А. Моделирование пространства эмоциональных выражений лица человека // Психофизика сегодня. М.: Издательство «Институт психологии РАН», 2007. С. 53–59.

Куракова О. А. Создание новой базы фотоизображений естественных переходов между базовыми эмоциональными экспрессиями лица // Лицо человека как средство общения: междисциплинарный подход / Отв. ред. В. А. Барабанщиков, А. А. Демидов, Д. А. Дивеев. М.: Когито-Центр, 2012. С. 287–309.

Куракова О. А., Жегалло А. В. Эффект категориальности восприятия экспрессий лица: многообразие проявлений // Экспериментальная психология. 2012. Т. 5. № 2. С. 22–38.

Лакофф Дж. Женщины, огонь и опасные вещи: Что категории языка говорят нам о мышлении / Пер. с англ. И. Б. Шатуновского. М.: Языки славянской культуры, 2004.

Angeli A., Davidoff J., Valentine T. Face familiarity, distinctiveness, and categorical perception // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 2008. Vol. 61. P. 690–707. doi:10.1080/17470210701399305

- Barton K. MuMIn: Multi-model inference. R package version 1.10.5. 2014. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Bates D., Maechler M., Bolker B., Walker S. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7. 2014. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Bimler D., Kirkland J. Categorical perception of facial expressions of emotion: Evidence from multidimensional scaling // *Cognition and Emotion*. 2001. Vol. 15. № 5. P. 633–658. doi:10.1080/02699930126214
- Calder A., Young A., Perrett D., Ectoff N., Rowland D. Categorical perception of morphed facial expressions // *Visual Cognition*. 1996. Vol. 3. P. 81–117. doi: 10.1080/713756735
- Campanella S., Chrysochoos A., Bruyer R. Categorical perception of facial gender information: Behavioural evidence and the face-space metaphor // *Visual Cognition*. 2001. Vol. 8. P. 237–262. doi: 10.1080/13506280042000072
- Cheal J.L., Rutherford M.D. Categorical perception of emotional facial expressions in preschoolers // *Journal of Experimental Child Psychology*. 2011. Vol. 110. № 3. P. 434–443. doi: 10.1016/j.jecp.2011.03.007
- Cohen H., Lefebvre C. Bridging the category divide // *Handbook of categorization in cognitive science* / Eds. Cohen H., Lefebvre C. Elsevier, 2005. P. 2–15.
- De Gelder B., Teunisse J.P., Benson P.J. Categorical perception of facial expressions: categories and their internal structure // *Cognition and Emotion*. 1997. Vol. 11. № 1. P. 1–23. doi:10.1080/026999397380005
- Duffy S., Huttenlocher J., Crawford L.E. Children use categories to maximize accuracy in estimation // *Developmental Science*. 2006. Vol. 9. № 6. P. 597–603. doi:10.1111/j.1467-7687.2006.00538.x
- Ekman P. Pictures of facial affect. Oakland, CA: Paul Ekman, 1993.
- Ekman P. Strong evidence for universals in facial expression: A reply to Russell's mistaken critique // *Psychological Bulletin*. 1994. Vol. 115. P. 268–287. doi: 10.1037/0033-2909.115.2.268
- Ekman P., Friesen W.V. Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 1978.
- Fiorentini C., Viviani P. Perceiving facial expressions // *Visual Cognition*. 2009. Vol. 17. P. 373–411. doi: 10.1080/13506280701821019
- Fugate J.M.B. Categorical perception for emotional faces // *Emotion Review*. 2013. Vol. 5. № 1. P. 84–89. doi: 10.1177/1754073912451350
- Fujimura T., Matsuda Y., Katahira K., Okada M., Okanoya K. Categorical and dimensional perceptions in decoding emotional facial expressions // *Cognition & Emotion*. 2012. Vol. 26. № 4. P. 587–601. doi: 10.1080/02699931.2011.595391
- Fujisaki H., Kawashima T. On the models and mechanisms of speech perception // *Annual Report of the Engineering Research Institute, Faculty of Engineering, University of Tokyo*, 1969. Vol. 28. P. 67–73.
- Goffaux V., Rossion B. Face inversion disproportionately impairs the perception of vertical but not horizontal relations between features // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 2007. Vol. 33. № 4. P. 995–1002. doi: 10.1037/0096-1523.33.4.995
- Harnad S. Psychophysical and cognitive aspects of categorical perception: a critical overview // *Categorical perception: the groundwork of cognition* / Ed. S. Harnad. New York: Cambridge University Press, 1990. P. 1–28.
- Harnad S. To cognize is to categorize: cognition is categorization // *Handbook of categorization in cognitive science* / Eds. Cohen H., Lefebvre C. Elsevier, 2005.
- Hartendorp M.O., van der Stigchel S., Burnett H.G., Jellema T., Eilers P.H.C., Postma A. Categorical perception of morphed objects using a free-naming experiment // *Visual Cognition*. 2010. Vol. 18. № 9. P. 1320–1347. doi: 10.1080/13506285.2010.482774
- Huttenlocher J., Hedges L.V., Vevea J.L. Why do categories affect stimulus judgment? // *Journal of Experimental Psychology: General*. 2000. Vol. 129. P. 220–241. doi:10.1037/0096-3445.129.2.220
- Izmailov Ch.A., Korshunova S.G., Sokolov E.N. Relationship between visual evoked potentials and subjective differences between emotional expressions in “face diagrams” // *Neuroscience & Behavioral Physiology*. 2001. Vol. 31. P. 529–538. doi:10.1023/A:1010431116303
- Izmailov Ch.A., Sokolov E.N., Korshunova S.K. Multidimensional scaling of schematically represented faces based on dissimilarity estimates and evoked potentials of differences (EPD) amplitudes // *The Spanish Journal of Psychology*. 2005. Vol. 8. № 2. P. 119–133. URL: <http://revistas.ucm.es/index.php/SJOP/article/view/30243>
- Johnson P.C.D. Extension of Nakagawa & Schielzeth's R^2_{GLMM} to random slopes models // *Methods in Ecology and Evolution*. 2014. Vol. 5. P. 944–946. doi: 10.1111/2041-210X.12225
- Kee K.S., Horan W.P., Wynn J.K., Mintz J., Green M.F. An analysis of categorical perception of facial emotion in schizophrenia // *Schizophrenia Research*. 2006. Vol. 87. P. 228–237. doi:10.1016/j.schres.2006.06.001
- Korolkova O.A. Categorical perception of facial expressions is not a homogeneous effect // *Cognitive science meets artificial intelligence: Human and artificial agents in interactive contexts. Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Quebec City, Canada, July 23–26, 2014*. Austin, TX: Cognitive Science Society. P. 1040–1045. URL: <https://mindmodeling.org/cogsci2014/papers/140/paper140.pdf>
- Kotsoni E., de Haan M., Johnson M.H. Categorical perception of facial expressions by 7-month-old infants // *Perception*. 2001. Vol. 30. P. 1115–1125. doi:10.1068/p3155
- Kurakova O.A. Categorical perception effect in discrimination of morphed transitions between facial expressions // *European perspectives on cognitive science. Proceedings of the European Conference on Cognitive Science* / Eds. B. Kokinov, A. Karmiloff-Smith, N. J. Nersessian. Sofia: New Bulgarian University Press, 2011. P. 1–6. URL: <http://nbn.bg/cogs/eurocogsci2011/proceedings/pdfs/EuroCogSci-paper167.pdf>
- Kurakova O.A., Zhegallo A.V. The role of emotional labeling in categorization of inverted expressive faces // *The Fifth International Conference on Cognitive Science: Abstracts*. Kaliningrad, June 18–24 2012. Kaliningrad, 2012. Vol. 1. P. 110–112.
- Kuznetsova A., Brockhoff P.B., Christensen R.H.B. lmerTest: Tests for random and fixed effects for linear mixed effect models (lmer objects of lme4 package). R package version 2.0–11. 2014. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=lmerTest>
- Levin D.T., Beale J.M. Categorical perception occurs in newly learned faces, other-race faces, and inverted faces // *Perception & Psychophysics*. 2000. Vol. 62. № 2. P. 386–401. doi:10.3758/BF03205558
- Lieberman A.M., Harris K.S., Hoffman H.S., Griffith B.C. The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries // *Journal of Experimental Psychology*. 1957. Vol. 54. № 5. P. 358–368. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13481283>
- Massaro D.W. Categorical partition: a fuzzy-logical model of categorization behavior // *Categorical perception: the groundwork of cognition* / Ed. S. Harnad. New York: Cambridge University Press, 1990. P. 254–283.
- Massaro D.W. Categorical perception: Important phenomenon or lasting myth? // *Proceedings of the 5th International Congress of Spoken Language Processing*. Vol. 6 / Eds. R.H. Mannell, J. Robert-Ribes. Sydney, Australia, 1998. P. 2275–2279.
- Mervis C.B., Rosch E. Categorization of natural objects // *Annual Review of Psychology*. 1981. Vol. 32. P. 89–115. doi:10.1146/annurev.ps.32.020181.000513
- Nakagawa S., Schielzeth H. A general and simple method for generalizing R^2 from generalized linear mixed-effects models // *Methods in Ecology and Evolution*. 2013. Vol. 4. P. 133–142. doi: 10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x
- Paramei G.V. Singing the Russian blues: an argument for culturally basic color terms // *Cross-cultural research*. 2005. Vol. 39. № 1. P. 10–38. doi:10.1177/1069397104267888
- Pastore R.E. Categorical perception: some psychophysical models // *Categorical perception: the groundwork of cognition* / Ed. S. Harnad. New York: Cambridge University Press, 1990. P. 29–52.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014. URL: <http://www.R-project.org/>.

Roberson D., Damjanovic L., Pilling M. Categorical perception of facial expressions: Evidence for a "Category adjustment" model // *Memory & Cognition*. 2007. Vol. 35. P. 1814–1829. doi:10.3758/BF03193512

Roberson D., Davidoff J. The categorical perception of colours and facial expressions: The effect of verbal interference // *Memory & Cognition*. 2000. Vol. 28. P. 977–986. doi:10.3758/BF03209345

Roberson D., Davidoff J., Davies I. R. L., Shapiro L. R. Colour categories and category acquisition in Himba and English // *Progress in Colour Studies* / Eds. N. Pitchford, C. Bingham. Amsterdam: John Benjamins, 2006. P. 159–172.

Rosch E. Cognitive representations of semantic categories // *Journal of Experimental Psychology: General*. 1975. Vol. 104. P. 192–233. doi: 10.1037/0096-3445.104.3.192

Rosch E., Mervis C. B., Gray W., Johnson D., Boyes-Braem P. Basic objects in natural categories // *Cognitive Psychology*. 1976. Vol. 8. P. 382–439. doi: 10.1016/0010-0285(76)90013-X

Rossion B. Distinguishing the cause and consequence of face inversion: The perceptual field hypothesis // *Acta Psychologica*. 2009. Vol. 132. № 3. P. 300–312. doi:10.1016/j.actpsy.2009.08.002

Schiano D. J., Ehrlich S. M., Sheridan K. Categorical imperative not: facial affect is perceived continuously // *CHI 2004*. New York: ACM, 2004. P. 49–56. doi:10.1145/985692.985699

Studdert-Kennedy M., Liberman A. M., Harris K. S., Cooper F. S. Motor theory of speech perception: A reply to Lane's critical review // *Psychological Review*. 1970. Vol. 77. № 3. P. 234–249.

Suzuki A., Shibui S., Shigemasa K. Temporal characteristics of categorical perception of emotional facial expressions // *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2005. P. 1303–1308. URL: <http://www.cogsci.northwestern.edu/cogsci2004/papers/paper190.pdf>

Teunisse J. P., de Gelder B. Impaired categorical perception of facial expressions in high-functioning adolescents with autism // *Child Neuropsychology*. 2001. Vol. 7. № 1. P. 1–14. doi:10.1076/chin.7.1.1.3150

Winawer J., Witthoft N., Frank M., Wu L., Wade A., Boroditsky L. Russian blues reveal effects of language on color discrimination // *PNAS*. 2007. Vol. 104. № 19. P. 7780–7785. doi:10.1073/pnas.0701644104

Young A., Rowland D., Calder A., Etcoff N., Seth A., Perrett D. I. Facial expression megamix // *Cognition*. 1997. Vol. 63. P. 271–331. doi:10.1016/S0010-0277(97)00003-6

Zadeh L. A. Fuzzy Sets // *Information Control*. 1965. Vol. 8. P. 338–353. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X

Приложение 1

Эффективность различения переходных экспрессий-«морфов»: *a* — средние значения [\pm стандартные отклонения] для выборки испытуемых; *б* — предсказанные значения для фиксированных факторов [доверительные интервалы].

Переходный ряд		Номер пары изображений				
		1	2	3	4	5
радость–удивление	a	.62 [.59; .64]	.73 [.71; .75]	.76 [.74; .79]	.74 [.72; .77]	.66 [.64; .68]
	б	.61 [.50; .72]	.74 [.62; .86]	.77 [.64; .9]	.75 [.62; .88]	.65 [.55; .75]
удивление–печаль	a	.65 [.62; .67]	.71 [.69; .73]	.79 [.77; .82]	.74 [.72; .76]	.69 [.66; .71]
	б	.64 [.51; .77]	.72 [.56; .88]	.80 [.68; .92]	.74 [.60; .88]	.69 [.56; .82]
печаль–спокойствие	a	.62 [.59; .64]	.60 [.58; .62]	.67 [.64; .70]	.63 [.61; .65]	.56 [.54; .59]
	б	.62 [.50; .74]	.60 [.49; .71]	.68 [.55; .81]	.63 [.48; .78]	.56 [.43; .69]
удивление–страх	a	.54 [.53; .56]	.66 [.65; .68]	.65 [.64; .68]	.58 [.56; .60]	.56 [.55; .58]
	б	.54 [.43; .65]	.68 [.55; .81]	.66 [.51; .81]	.57 [.45; .69]	.56 [.45; .67]
страх–отвращение	a	.58 [.56; .59]	.64 [.62; .66]	.79 [.77; .81]	.68 [.66; .70]	.63 [.62; .65]
	б	.56 [.44; .68]	.64 [.53; .75]	.81 [.71; .91]	.69 [.58; .80]	.63 [.52; .74]
отвращение–радость	a	.61 [.60; .63]	.74 [.72; .76]	.77 [.75; .79]	.67 [.66; .69]	.67 [.66; .69]
	б	.60 [.49; .71]	.75 [.60; .90]	.77 [.63; .91]	.66 [.52; .80]	.68 [.57; .79]
страх–печаль	a	.65 [.63; .67]	.74 [.71; .76]	.76 [.73; .79]	.77 [.74; .79]	.62 [.60; .64]
	б	.65 [.51; .79]	.75 [.62; .88]	.76 [.63; .89]	.77 [.61; .93]	.61 [.50; .72]
печаль–гнев	a	.66 [.64; .68]	.73 [.71; .75]	.82 [.79; .85]	.82 [.79; .85]	.79 [.77; .81]
	б	.64 [.50; .78]	.72 [.54; .90]	.83 [.69; .97]	.83 [.74; .92]	.81 [.68; .94]
гнев–удивление	a	.68 [.66; .71]	.77 [.74; .80]	.74 [.72; .77]	.63 [.60; .65]	.53 [.50; .55]
	б	.69 [.57; .81]	.78 [.68; .88]	.75 [.61; .89]	.62 [.52; .72]	.51 [.44; .58]
печаль–отвращение	a	.55 [.53; .56]	.52 [.51; .53]	.59 [.58; .60]	.64 [.62; .65]	.57 [.56; .58]
	б	.55 [.46; .64]	.51 [.42; .60]	.59 [.49; .69]	.64 [.55; .73]	.57 [.46; .68]
отвращение–спокойствие	a	.56 [.55; .57]	.70 [.69; .71]	.73 [.71; .74]	.62 [.61; .63]	.53 [.51; .54]
	б	.56 [.44; .68]	.72 [.58; .86]	.74 [.64; .84]	.61 [.51; .71]	.51 [.37; .65]
спокойствие–страх	a	.74 [.73; .75]	.75 [.73; .77]	.70 [.68; .71]	.66 [.65; .67]	.61 [.60; .62]
	б	.75 [.62; .88]	.76 [.62; .90]	.69 [.55; .83]	.66 [.52; .80]	.61 [.50; .72]
отвращение–гнев	a	.63 [.60; .65]	.66 [.63; .68]	.76 [.72; .80]	.76 [.74; .79]	.68 [.65; .71]
	б	.62 [.46; .78]	.65 [.51; .79]	.76 [.60; .92]	.78 [.65; .91]	.68 [.52; .84]
гнев–радость	a	.68 [.65; .71]	.67 [.64; .70]	.68 [.64; .72]	.74 [.71; .77]	.57 [.54; .60]
	б	.69 [.56; .82]	.68 [.53; .83]	.67 [.54; .80]	.74 [.60; .88]	.56 [.47; .65]
радость–печаль	a	.62 [.59; .65]	.66 [.64; .69]	.68 [.65; .71]	.67 [.63; .70]	.62 [.60; .66]
	б	.62 [.50; .74]	.66 [.54; .78]	.69 [.56; .82]	.67 [.51; .83]	.62 [.48; .76]
гнев–спокойствие	a	.78 [.75; .81]	.83 [.80; .86]	.88 [.85; .90]	.81 [.77; .84]	.80 [.77; .83]
	б	.78 [.66; .90]	.84 [.72; .96]	.88 [.79; .97]	.80 [.65; .95]	.81 [.68; .94]
спокойствие–удивление	a	.85 [.83; .88]	.79 [.76; .83]	.80 [.77; .83]	.76 [.74; .79]	.67 [.64; .69]
	б	.88 [.76; 1]	.79 [.65; .93]	.80 [.67; .93]	.77 [.66; .88]	.66 [.54; .78]
удивление–отвращение	a	.66 [.63; .68]	.74 [.71; .76]	.80 [.76; .83]	.75 [.72; .78]	.74 [.71; .76]
	б	.65 [.54; .76]	.74 [.62; .86]	.80 [.69; .91]	.76 [.63; .89]	.75 [.59; .91]
спокойствие–радость	a	.64 [.62; .66]	.69 [.67; .71]	.71 [.69; .74]	.80 [.78; .82]	.76 [.74; .78]
	б	.62 [.48; .76]	.68 [.59; .77]	.70 [.57; .83]	.82 [.71; .93]	.77 [.61; .93]
радость–страх	a	.73 [.71; .74]	.70 [.68; .73]	.69 [.67; .71]	.67 [.65; .69]	.59 [.57; .6]
	б	.75 [.62; .88]	.70 [.59; .81]	.69 [.57; .81]	.67 [.56; .78]	.57 [.45; .69]
страх–гнев	a	.56 [.54; .58]	.57 [.55; .58]	.64 [.61; .66]	.61 [.59; .63]	.61 [.60; .63]
	б	.57 [.43; .71]	.56 [.43; .69]	.64 [.51; .77]	.60 [.48; .72]	.62 [.52; .72]

Примечание. Доверительные интервалы рассчитаны методом непараметрического бутстрэпа.

Приложение 2

Эффективность различения переходных экспрессий натурщика: *a* — средние значения [\pm стандартные отклонения] для выборки испытуемых; *b* — предсказанные значения для фиксированных факторов [доверительные интервалы].

Переходный ряд	Номер пары изображений					
		1	2	3	4	5
радость – страх	a	.52 [.40; .64]	.71 [.56; .86]	.71 [.6; .82]	.78 [.63; .93]	.82 [.68; .96]
	b	.52 [.51; .53]	.71 [.70; .73]	.71 [.7; .73]	.77 [.76; .79]	.81 [.80; .83]
радость – удивление	a	.76 [.64; .88]	.79 [.69; .89]	.89 [.79; .99]	.87 [.76; .98]	.86 [.74; .98]
	b	.76 [.75; .78]	.79 [.78; .81]	.89 [.87; .90]	.87 [.85; .88]	.86 [.84; .87]
страх – удивление	a	.66 [.56; .76]	.91 [.81; 1]	.78 [.63; .93]	.53 [.43; .63]	.45 [.34; .56]
	b	.66 [.64; .67]	.90 [.89; .91]	.78 [.76; .79]	.53 [.52; .54]	.45 [.44; .47]
отвращение – гнев	a	.88 [.80; .96]	.94 [.88; 1]	.70 [.54; .86]	.56 [.46; .66]	.52 [.43; .61]
	b	.87 [.86; .89]	.93 [.92; .94]	.70 [.69; .71]	.56 [.55; .57]	.52 [.51; .53]
печаль – гнев	a	.80 [.70; .90]	.54 [.45; .63]	.56 [.46; .66]	.58 [.48; .68]	.55 [.42; .68]
	b	.79 [.78; .80]	.54 [.53; .55]	.57 [.55; .58]	.58 [.57; .59]	.55 [.54; .56]
печаль – отвращение	a	.75 [.62; .88]	.75 [.65; .85]	.70 [.59; .81]	.54 [.44; .64]	.52 [.41; .63]
	b	.74 [.73; .75]	.75 [.74; .76]	.69 [.68; .70]	.54 [.53; .55]	.52 [.51; .53]

Примечание. Доверительные интервалы рассчитаны методом непараметрического бутстрепа.

Perceptual Space and Predictors of Emotional Facial Expression Discrimination

Olga A. Korolkova

Center for Experimental Psychology MSUPE; Moscow Institute of Psychoanalysis, Moscow, Russia

Abstract. We explored the effect of categorical perception of emotional facial expressions. Using artificially generated computer “morphs” and natural expressions of a male poser, we studied the identification and discrimination of transitional expressions between images of basic human emotions. The results showed that the distance in perceptual space based on the identification of emotions is a significant predictor of expressions’ discrimination accuracy. The obtained results do not support the hypothesis of an absolute categorical effect, but are consistent with the two-stage model of facial expression categorization (Huttenlocher et al., 2000; Roberson et al., 2007), suggesting a gradual increase in the efficiency of discrimination when distance from the category center is increased.

Correspondence: Korolkova Olga, olga.kurakova@gmail.com, Shelepikhinskaya Quay, 2a, Center for Experimental Psychology MSUPE, 123390 Moscow, Russia

Keywords: categorization, categorical perception effect, emotional facial expressions, perceptual space, emotions

Copyright © 2014. Olga A. Korolkova. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Acknowledgments. The study was supported by the Russian Foundation for Humanities (Project number: 12-36-01257a2).

Received 25 October 2014, accepted 27 November 2014.

References

- Ananyeva, K. I., Zhegallo, A. V., & Marmalyuk, P. A. (2014). [The effectiveness of distinguishing persons of different racial types by Russian and Tuvan observers as characteristic of the spatial properties of the image]. In K. I. Ananyeva, V. A. Barabanshikov, & A. A. Demidov (Eds.), *Human face in art, science and practice* (pp. 41–52). Moscow: Cogito Center. (Russian).
- Angeli, A., Davidoff, J., & Valentine, T. (2008). Face familiarity, distinctiveness, and categorical perception. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(5), 690–707. doi:10.1080/17470210701399305
- Barabanshikov, V. A., & Zhegallo, A. V. (2007). [Determinants of categorical perception of facial expressions]. *Bulletin of Moscow State Regional University, series “Psychological Sciences”*, 3, 7–16. (Russian).
- Barabanshikov, V. A., Zhegallo, A. V., & Ivanova, L. A. (2010). [Recognition of expression of inverted face image]. *Experimental Psychology (Russia)*, 3(3), 66–83. (Russian).
- Barton, K. (2014). MuMIn: Multi-model inference. R package version 1.10.5. Retrieved from <http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2014). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-7. Retrieved from <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- Bimler, D., & Kirkland, J. (2001). Categorical perception of facial expressions of emotion: Evidence from multidimensional scaling. *Cognition & Emotion*, 15(5), 633–658. doi:10.1080/02699930126214
- Bruner, J. S. (1973). *Beyond the information given: Studies in the psychology of knowing*. Oxford, England: WW Norton.
- Calder, A. J., Young, A., Perrett, D., Ectoff, N., Rowland, D. (1996). Categorical perception of morphed facial expressions. *Visual Cognition*, 3(2), 81–118. doi:10.1080/713756735
- Campanella, S., Chrysochoos, A., & Bruyer, R. (2001). Categorical perception of facial gender information: Behavioural evidence and the face-space metaphor. *Visual Cognition*, 8(2), 237–262. doi:10.1080/13506280042000072
- Cheal, J.L., & Rutherford, M.D. (2011). Categorical perception of emotional facial expressions in preschoolers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(3), 434–443. doi:10.1016/j.jecp.2011.03.007
- Cohen, H., & Lefebvre, C. (2005). Bridging the category divide. In H. Cohen, & C. Lefebvre (Eds.), *Handbook of Categorization in Cognitive Science* (pp. 2–15). Amsterdam: Elsevier.
- De Gelder, B., Teunisse, J.-P., & Benson, P.J. (1997). Categorical perception of facial expressions: Categories and their internal structure. *Cognition & Emotion*, 11(1), 1–23. doi:10.1080/026999397380005
- Duffy, S., Huttenlocher, J., & Crawford, L.E. (2006). Children use categories to maximize accuracy in estimation. *Developmental Science*, 9(6), 597–603. doi:10.1111/j.1467-7687.2006.00538.x
- Ekman P., & Friesen W.V. (1978). *Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Ekman, P. (1993). *Pictures of facial affect*. Oakland, CA: Paul Ekman.
- Ekman, P. (1994). Strong evidence for universals in facial expressions: A reply to Russell’s mistaken critique. *Psychological Bulletin*, 115(2), 268–287. doi:10.1037/0033-2909.115.2.268

- Fiorentini, C., & Viviani, P. (2009). Perceiving facial expressions. *Visual Cognition*, 17(3), 373–411. doi:10.1080/13506280701821019
- Fugate, J. (2013). Categorical perception for emotional faces. *Emotion Review*, 5(1), 84–89. doi:10.1177/1754073912451350
- Fujimura, T., Matsuda, Y.-T., Katahira, K., Okada, M., & Okanoya, K. (2012). Categorical and dimensional perceptions in decoding emotional facial expressions. *Cognition & Emotion*, 26(4), 587–601. doi:10.1080/02699931.2011.595391
- Fujisaki, H., & Kawashima, T. (1969). On the modes and mechanisms of speech perception. In *Annual Report of the Engineering Research Institute*. Vol. 28 (pp. 67–73). Tokyo: Faculty of Engineering, University of Tokyo.
- Goffaux, V., & Rossion, B. (2007). Face inversion disproportionately impairs the perception of vertical but not horizontal relations between features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 33(4), 995–1002. doi:10.1037/0096-1523.33.4.995
- Harnad, S. (1990). Psychophysical and cognitive aspects of categorical perception: A critical overview. In S. Harnad (Ed.), *Categorical perception: The groundwork of cognition* (pp. 1–28). New York: Cambridge University Press.
- Harnad, S. (2005). To cognize is to categorize: cognition is categorization. In H. Cohen, & C. Lefebvre (Eds.), *Handbook of categorization in cognitive science* (pp. 20–45). Elsevier.
- Hartendorp, M. O., Van der Stigchel, S., Burnett, H. G., Jellema, T., Eilers, P. H. C., & Postma, A. (2010). Categorical perception of morphed objects using a free-naming experiment. *Visual Cognition*, 18(9), 1320–1347. doi:10.1080/13506285.2010.482774
- Huttenlocher, J., Hedges, L. V., & Vevea, J. L. (2000). Why do categories affect stimulus judgment? *Journal of Experimental Psychology: General*, 129(2), 220–241. doi:10.1037/0096-3445.129.2.220
- Izmailov, Ch.A., Korshunova, S.G., & Sokolov, E.N. (1999). [A spherical model of the discrimination of the emotional expressions of a schematic human face]. *Zhurnal vyssheĭ nervnoi deiatel'nosti imeni I.P. Pavlova*, 49(2), 186–199. (Russian).
- Izmailov, Ch.I., & Korshunova, S.K. (2001). Relationship between visual evoked potentials and subjective differences between emotional expressions in “Face diagrams”. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 31(5), 529–538. doi:10.1023/A:1010431116303
- Izmailov, Ch.I., Sokolov, E.N., & Korshunova, S.K. (2005). Multidimensional scaling of schematically represented faces based on dissimilarity estimates and evoked potentials of differences amplitudes. *The Spanish Journal of Psychology*, 8(2), 119–133. Retrieved from <http://revistas.ucm.es/index.php/SJOP/article/view/30243>
- Johnson, P.C.D. (2014). Extension of Nakagawa & Schielzeth's R^2_{GLMM} to random slopes models. *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 944–946. doi: 10.1111/2041-210X.12225
- Kee, K.S., Horan, W.P., Wynn, J.K., Mintz, J., & Green, M.F. (2006). An analysis of categorical perception of facial emotion in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 87(1–3), 228–237. doi:10.1016/j.schres.2006.06.001
- Korolkova, O.A. (2014). Categorical perception of facial expressions is not a homogeneous effect. In P. Bello, M. McShane, M. Guarini, & B. Scassellati (Eds.), *Cognitive science meets artificial intelligence: Human and artificial agents in interactive contexts. Proceedings of the 36th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Quebec City, Canada, July 23–26, 2014* (pp. 1040–1045). Austin, TX: Cognitive Science Society. URL: <https://mindmodeling.org/cogsci2014/papers/140/paper140.pdf>
- Korolkova, O.A. (2014). [Emotional categorization and discrimination of transitional facial expressions]. In F. E. Ivanov, & N. L. Nagibina (Eds.), *Psychological and psychoanalytical study. Yearbook 2014* (pp. 205–216). Moscow: Moscow Institute of Psychoanalysis, Center for Strategic conjuncture. (Russian).
- Kotsoni, E., Haan, M. De, & Johnson, M.H. (2001). Categorical perception of facial expressions by 7-month-old infants. *Perception*, 30(9), 1115–1125. doi:10.1068/p3155
- Kurakova, O.A., & Zhegallo, A.V. (2012). The role of emotional labeling in categorization of inverted expressive faces. In Yu. I. Aleksandrov et al. (Eds.), *The Fifth International Conference on Cognitive Science: Abstracts: Kaliningrad, June 18–24 2012. Vol. 1.* (pp. 110–112). Kaliningrad.
- Kurakova, O.A. (2011). Categorical perception effect in discrimination of morphed transitions between facial expressions. In B. Kokinov, A. Karmiloff-Smith, & N. J. Nersessian (Eds.), *European perspectives on cognitive science. Proceedings of the European Conference on Cognitive Science*. Sofia: New Bulgarian University Press. Retrieved from <http://nbu.bg/cogs/eurocogsci2011/proceedings/pdfs/EuroCogSci-paper167.pdf>
- Kurakova, O.A. (2007). [Modeling of emotional facial expressions space]. In I. G. Skotnikova, & V.A. Nosulenko (Eds.), *Psychophysics today* (pp. 53–59). Moscow: Publishing house “Institute of Psychology RAS”. (Russian).
- Kurakova, O.A. (2012). [Creating a new database of natural transitions between basic facial emotional expression]. In V.A. Barabanschikov, A.A. Demidov, & D.A. Diveev (Eds.), *The human face as a means of communication: an interdisciplinary approach* (pp. 287–309). Moscow: Cogito Center. (Russian).
- Kurakova, O.A., & Zhegallo, A.V. (2012). [The effect of categorical perception of facial expressions: the diversity of manifestations]. *Experimental Psychology (Russia)*, 5(2), 22–38. Retrieved from <http://psyjournals.ru/en/exp/2012/n2/52358.shtml> (Russian).
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B., & Christensen, R.H.B. (2014). lmerTest: Tests for random and fixed effects for linear mixed effect models (lmer objects of lme4 package). R package version 2.0–11. Retrieved from <http://CRAN.R-project.org/package=lmerTest>.
- Lakoff, G. (1987). *Women, fire, and dangerous things*. Chicago: University of Chicago Press.
- Levin, D.T., & Beale, J.M. (2000). Categorical perception occurs in newly learned faces, other-race faces, and inverted faces. *Perception & Psychophysics*, 62(2), 386–401. doi:10.3758/BF03205558
- Liberman, A.M., Harris, K.S., Hoffman, H.S., & Griffith, B.C. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology*, 54(5), 358–368. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13481283>
- Massaro, D.W. (1990). Categorical partition: a fuzzy-logical model of categorization behavior. In S. Harnad (Ed.), *Categorical perception: The groundwork of cognition* (pp. 254–283). New York: Cambridge University Press.
- Massaro, D.W. (1998). Categorical perception: Important phenomenon or lasting myth? In R.H. Mannell, & J. Robert-Ribes (Eds.), *Proceedings of the 5th International Congress of Spoken Language Processing. Vol. 6.* (pp. 2275–2279). Sydney, Australia.
- Mervis, C.B., & Rosch, E. (1981). Categorization of natural objects. *Annual Review of Psychology*, 32(1), 89–115. doi:10.1146/annurev.ps.32.020181.000513
- Nakagawa, S., & Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining R^2 from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 133–142. doi: 10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x
- Paramei, G.V. (2005). Singing the Russian blues: An argument for culturally basic color terms. *Cross-Cultural Research*, 39(1), 10–38. doi:10.1177/1069397104267888
- Pastore, R.E. (1990). Categorical perception: some psychophysical models. In S. Harnad (Ed.), *Categorical perception: The groundwork of cognition* (pp. 29–52). New York: Cambridge University Press.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <http://www.R-project.org/>.
- Roberson, D., & Davidoff, J. (2000). The categorical perception of colors and facial expressions: The effect of verbal interference. *Memory & Cognition*, 28(6), 977–986. doi:10.3758/BF03209345

- Roberson, D., Damjanovic, L., & Pilling, M. (2007). Categorical perception of facial expressions: Evidence for a "category adjustment" model. *Memory & Cognition*, 35(7), 1814–1829. doi:10.3758/BF03193512
- Roberson, D., Davidoff, J., Davies, I. R. L., & Shapiro, L. R. (2006). Colour categories and category acquisition in Himba and English. In N. Pitchford, & C. P. Biggam (Eds.), *Progress in Colour Studies: Volume II. Psychological aspects* (pp. 159–172). Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins Publishing.
- Rosch, E. (1975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104(3), 192. doi:10.1037/0096-3445.104.3.192
- Rosch, E., Mervis, C. B., Gray, W. D., Johnson, D. M., & Boyes-Braem, P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8(3), 382–439. doi:10.1016/0010-0285(76)90013-X
- Rossion, B. (2009). Distinguishing the cause and consequence of face inversion: the perceptual field hypothesis. *Acta Psychologica*, 132(3), 300–312. doi:10.1016/j.actpsy.2009.08.002
- Schiano, D. J., Ehrlich, S. M., & Sheridan, K. (2004). Categorical imperative NOT. In *Proceedings of the 2004 conference on Human factors in computing systems — CHI '04* (pp. 49–56). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/985692.985699
- Studdert-Kennedy, M., Liberman, A. M., Harris, K. S., & Cooper, F. S. (1970). Motor theory of speech perception: A reply to Lane's critical review. *Psychological Review*, 77(3), 234–249. doi:10.1037/h0029078
- Suzuki, A., Shibui, S., & Shigemasa, K. (2004). Temporal characteristics of categorical perception of emotional facial expressions. In *Proceedings of the Twenty-sixth annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1303–1308). Retrieved from <http://www.cogsci.northwestern.edu/cogsci2004/papers/paper190.pdf>
- Teunisse, J.-P., & de Gelder, B. (2001). Impaired categorical perception of facial expressions in high-functioning adolescents with autism. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 7(1), 1–14. doi:10.1076/chin.7.1.1.3150
- Winawer, J., Witthoft, N., Frank, M. C., Wu, L., Wade, A. R., & Boroditsky, L. (2007). Russian blues reveal effects of language on color discrimination. *PNAS*, 104(19), 7780–7785. doi:10.1073/pnas.0701644104
- Woodworth, R. S. (1938). *Experimental psychology*. New York: Holt.
- Young, A. W., Rowland, D., Calder, A. J., Etcoff, N. L., Seth, A., & Perrett, D. I. (1997). Facial expression megamix: Tests of dimensional and category accounts of emotion recognition. *Cognition*, 63(3), 271–313. doi:10.1016/S0010-0277(97)00003-6
- Zadeh, L. A.: Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338–358. doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- Zhegallo, A. V. & Marmalyuk, P. A. (2014). [Image characteristics that determine the effectiveness of their distinguishing]. In V. A. Barabanshikov (Ed.), *Scientific approach in modern psychology*, 157–162. Moscow: Cogito Center. (Russian).

XV Научная конференция по афазиологии

Роза М. Власова

Лаборатория нейролингвистики ВШЭ, Москва, Россия

Аннотация. Ежегодная Научная конференция по афазиологии (*Science of Aphasia, SoA*) проводится в различных городах Европы на протяжении последних 14 лет. В отличие от главной североамериканской афазиологической конференции под названием «*Academia of Aphasia*», «*Science of Aphasia*» традиционно остается небольшой (не более 150 участников), для того, чтобы способствовать личному общению докладчиков из разных стран. Данная статья посвящена краткому обзору докладов XV Научной конференции по афазиологии, состоявшейся в 2014 году в Венеции.

Контактная информация: Роза Власова, rosavlas@gmail.com, Старая Басманная улица 21/4, Лаборатория нейролингвистики НИУ ВШЭ, 105066 Москва, Россия.

Ключевые слова: афазия, отчет о конференции

© 2014 Роза М. Власова. Данная статья доступна по лицензии [Creative Commons “Attribution” \(«Атрибуция»\) 4.0. всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), согласно которой возможно неограниченное распространение и воспроизведение этой статьи на любых носителях при условии указания автора и ссылки на исходную публикацию статьи в данном журнале в соответствии с канонами научного цитирования.

Статья поступила в редакцию 08 декабря 2014 г. Принята в печать 23 декабря 2014 г.

Первая Научная конференция по афазиологии была проведена в 2000 году в Греции как европейское дополнение к самой крупной международной конференции, посвященной нарушениям речи, *The Academia of Aphasia*, которая ежегодно проводится в США. Тематика Научной конференции по афазиологии не ограничивается изучением афазий, и за свою недолгую историю она успела стать одним из наиболее значительных событий в области нейролингвистики в целом. Пятнадцатая по счету конференция проходила в Венеции (Италия) в сентябре 2014 года.

Основная программа состояла из 17 пленарных лекций, 17 устных докладов и трех постерных сессий, включавших в себя около 35 докладов. Участники представляли более 20 стран мира, не только европейские, но и, например, США, Бразилию, Австралию, Колумбию. Традиционно значительное представительство на конференции имеют действующие студенты и выпускники европейской магистерской программы «Клиническая лингвистика» (*EMCL — European Masters in Clinical Linguistics*) и международной PhD программы «Экспериментальные подходы к изучению языка и мозга» (*IDEALAB — International Doctorate for Experimental Approaches to Language and Brain*), финансируемые стипендиальной программой Евросоюза Эразмус Мундус (*Erasmus Mundus*). Это придает

конференции совершенно особую домашнюю атмосферу, в которой ни один стендовый доклад не остается без внимания и обсуждения.

Заглавной темой XV Научной конференции по афазиологии стала тема прошлого, настоящего и будущего афазиологии. В соответствии с заявленной темой, первый день конференции посвящался прошлому изучению нарушений речи, последний — будущему, а все промежуточные дни — настоящему афазиологической науки.

Первая пленарная лекция конференции была прочитана совместно Рулин Бастиансе (*Roelien Bastiaanse*) и Крисом Кодом (*Chris Code*) и посвящалась прошлому изучению нарушений речи, начиная с первых письменных свидетельств из медицинских свитков Древнего Египта и до работ Поля Брока и его современников. Хотя еще древние египетские врачи, несмотря на то, что приписывали все познавательные функции не мозгу, а сердцу, описали каузальную связь между ранением головы и потерей речи, вплоть до работ Поля Брока афазиологическое знание практически не развивалось. Примечательно, что еще во второй половине XVII века в практическом руководстве для врачей Теофиля Боне (*Theophile Bonet*, 1684) в качестве действенного препарата для лечения инсультов, сопровождавшихся нарушением речи, рекомендовалась смесь из обжаренного львиного навоза, вороны и молодой черепашки. И даже сама идея о связи нарушения

речи с поражением левого полушария была воспринята научным сообществом далеко не сразу. К примеру, труды Марка Дакса (*Marc Dax*), предвосхитившие работу Поля Брока (*Paul Broca*) на 25 лет, были несправедливо забыты. Совсем немного известно и о вкладе французского врача Армана Труссо (*Armand Trousseau*), который ввел термин «афазия».

Следующие три пленарные лекции касались афизиологических традиций, а именно различных подходов к пониманию природы и классификации афазий в рамках наиболее значимых в мире афизиологических школ. Профессор Риа де Блесер (*Ria De Bleser*) рассказала о немецких традициях в афизиологии, профессор Марко Катани (*Marco Catani*) рассказал о взглядах на афазию Бостонской школы, честь лурьевской афизиологической школы достойно отстояла Ольга Драгой. Надо отметить, что зарубежные коллеги проявляют активный интерес к лурьевской нейропсихологии и классификации афазий, и в этой ситуации удручает скудное российское представительство, которое в этом году составило всего лишь два доклада.

Второй и третий дни конференции были посвящены некоторым аспектам текущего состояния нейролингвистики, наиболее интересным из которых является внутриоперационное картирование речи. В докладе Питера Мариена (*Peter Marien*) «*Perspective from a neurolinguist*» были подробно освещены показания к проведению операций с пробуждением, процедура проведения таких операций и роль нейролингвиста в процессе внутриоперационного картирования речи. Основная роль нейролингвиста заключается в грамотной с точки зрения лингвистики подготовке стимульного материала для тестирования речи, тренировке пациента до операции, тестировании и оценке правильности ответов пациента во время операции. Интересно, что в Европе, так же как и в России, пока нет методик и нормативов для внутриоперационного картирования, они находятся в состоянии разработки. И на Питера Мариена так же, как и на его российских коллег, полностью ложится ответственность за решение, каким образом будет предъявляться стимульный материал пациенту во время операции и что это будут за задания. Главная дискуссия в этот день касалась переживаний пациентов в такой психологически тяжелой ситуации, как нахождение в сознании во время операции. Все специалисты, когда-либо имевшие дело с внутриоперационным картированием речи, отметили, что, вопреки всем ожиданиям, ситуация операции с пробуждением, как правило, не вызывает у пациентов негативных эмоциональных последствий, а наоборот, воспринимается ими с энтузиазмом.

Методология экспериментальных планов для исследований на одном человеке и малых группах, которые идеально подходят для оценки эффективности реабилитационных мероприятий при афазии, на сегодняшний день настолько развита и богата, что для докладов на эту тему был выделен третий день конференции. Например, доклады Линзи Николс (*Lyndsey Nickels*, «*Single subject experimental design*») и Дэвида Ховарда (*David Howard*, «*Single subject experimental design and randomized control trial: The semafor study*») были посвящены этой теме. Использование квазиэкспери-

ментальных планов при исследовании малых выборок (от одного человека в выборке) отличается от привычного нам описания единичного случая тем, что позволяет проверять гипотезы о связи между независимой и зависимой переменными, в то время как описание единичного случая позволяет лишь отразить феноменологию и построить гипотезы для дальнейших исследований. Рассмотрим использование одного из самых простых вариантов квазиэкспериментального плана для оценки эффективности реабилитационной программы, в том случае, если для исследования доступен только один пациент. Этот план позволяет проконтролировать вклад фактора времени в происходящие с пациентом изменения и заключается в повторяющихся несколько раз измерениях показателей речи до воздействия и после. Для того, чтобы выводы исследования можно было распространить на более широкую выборку, пациент должен быть типичным с точки зрения демографических характеристик и характеристик заболевания и его развития. Другие, более сложные квазиэкспериментальные планы, позволяют контролировать большее число побочных переменных. Как видно из вышесказанного, исследования с использованием квазиэкспериментальных планов могут использоваться как для получения общих закономерностей, так и для описания уникальных единичных случаев без обобщающих выводов.

Пленарные лекции заключительного дня конференции касались будущего афизиологии в связи с развитием технологий, таких как транскраниальная магнитная стимуляция головного мозга (*Frank Zanow*, «*Combination of neuro imaging methodologies*»), транскраниальная стимуляция электрическим током (*Gabriele Miceli*, «*The use of transcranial direct current stimulation in aphasia therapy*»; *Carlo Miniussi*, «*Transcranial direct current stimulation*») и магнитно-резонансная томография: диффузно-тензорная томография, перфузионная томография и функциональная МРТ.

Синтия Томпсон (*Cynthia K. Thompson*), профессор Северо-Западного Университета США, представила промежуточные результаты масштабного проекта, в котором американские коллеги пытаются найти мозговые корреляты успешного восстановления речи после повреждения мозга. Результаты исследования в своем докладе она разделила на «предварительные» и «очень предварительные». В качестве предварительных результатов проекта удалось показать, что, во-первых, фМРТ-сканирование до и после реабилитационных мероприятий (не важно, какого рода методы восстановления применялись, поведенческие или аппаратные) позволяет зарегистрировать улучшение речевой функции, выраженное в изменении паттерна активации головного мозга; и во-вторых, в процессы речи и ее восстановления вовлекаются структуры как левого, так и правого полушария. К «очень предварительным» результатам относилось замечание о том, что объем поражения не связан с восстановлением речи. Конкретная локализация поражения внутри речевых зон (нижней лобной извилины, верхней височной извилины, средней височной извилины и нижней теменной доли) также не связана с успешностью восстановления речи. А вот такой показатель, как локали-

зация поражения в «компенсаторных областях мозга» (островковой доле, верхней теменной дольке, префронтальной коре), — значимо отрицательно связан с восстановлением речи. Под компенсаторными областями мозга С. Томпсон понимает те структуры головного мозга пациентов, активация в которых чаще всего появляется после поражения и не наблюдается в группе нормы. Также было обнаружено, что некоторые показатели перфузионной МРТ в области, соседствующей с областью поражения, могут быть использованы для построения прогноза восстановления пациента.

Устные доклады были посвящены экспериментальным исследованиям влияния различных лингвистических факторов, таких как порядок слов в предложении, время глагола, тип существительного или тип спряжения глагола, а также типологические различия между языками на успешность понимания и порождения речи нормальными испытуемыми (монолингвами и носителями нескольких различных языков), пациентами с поражениями мозга и детьми различного возраста. Например, доклад Адрии Рофеса (*Adria Rofes*, «*Naming finite verbs predicts language abilities in daily living*») был посвящен его исследованию, в котором пациентов просили называть картинки личными и неличными формами глагола, а затем коррелировали результат с показателями специальных методик оценки успешности восстановления речи в повседневной жизни. Оказалось, что именно сохранность использования личных форм глаголов коррелирует с успешностью восстановления речи.

Благодаря небольшому количеству участников конференции, организаторам удалось использовать вариант организации стендовых докладов, который не очень часто встречается, но имеет свои преимущества: перед началом каждой постерной сессии было отведено специальное время, в которое каждому докладчику давалось три минуты, чтобы коротко рассказать о своем исследовании залу и привлечь целевую аудиторию к своему постеру.

Большой интерес вызвал стендовый доклад Майры Горал (*Mira Goral*, «*Cross-language influences in multilingual aphasia*»), посвященный описанию уникального случая нарушения речи у 64-летнего пациента. До инсульта в левом полушарии пациент с различной успешностью владел десятью различными языками, родным языком был голландский. Еще до болезни пациент собирался начать учить русский язык, поэтому после начала болезни попросил специалистов, проводивших реабилитацию, заниматься с ним русским языком помимо обычных занятий, направленных на восстановление речи, проводившихся на голландском языке. Сначала был проведен курс занятий на голландском языке, а затем курс начального уровня русского языка, по длительности и частоте соотносимый с курсом на родном языке. После реабилитационного курса на голландском языке наблюдалось улучшение в языках: немецком, французском, итальянском — этими языками и до болезни пациент владел лучше остальных. Ухудшение после курса на родном языке возникло только в норвежском языке и без динамики остались английский и испанский языки. После занятий русским языком улучшение наблюдалось только

в немецком языке, в остальных языках, кроме родного и итальянского, отмечалось значительное ухудшение. Исследователи пришли к выводу, что вследствие восстановительных занятий на родном языке у полиглотов наблюдается улучшение в языках, которыми они владеют на высоком уровне без прямого воздействия на них. Введение же нового языка приводит к подавлению всех языков, кроме родного.

Доклад Йоанны Щерповска (*Joanna Sierpowska*) из Барселоны «*Mapping the dorsal and ventral language streams using electrical stimulation and diffusion tensor imaging*» касался выделения вентрального и дорзального слухового пути. В рамках внутриоперационного картирования речи у пациентов с объемными образованиями в левой височной области предъявлялись задания на повторение вербального материала и задача семантического выбора. Субкортикальная стимуляция дугообразного пучка приводила к появлению фонологических парафазий и неспособности повторить слова, предъявленные на слух. Стимуляция же вентральных путей (нижнего лобно-затылочного пучка, продольного пучка или крючковидного пучка) вызывала семантические ошибки и неспособность решать задачу семантического выбора. Таким образом, было показано, что дорзальный слуховой путь связан с фонологическими процессами, а вентральный — с семантическими процессами в речи.

Материалы конференции были опубликованы, как обычно, в приложении к журналу *Stem-, Spraak-, en Taalpathologie*. Следующая конференция SoA-2015 пройдет в Университете Авиеро (Португалия).

■ recent events in the field ■

15th Science of Aphasia Conference

Rosa M. Vlasova

The Neurolinguistics Laboratory at the National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Abstract. Science of Aphasia (SoA) is an annual international conference dedicated to recent research related to the neurobiology of language disorders. The conference has been held in various European cities since 2000. Unlike the main North American conference on aphasia — “Academy of Aphasia” — the size of the SoA congress is relatively small (no more than 150 participants) in order to facilitate direct interaction between participants. This summary reflects the main topics of the 15th SoA conference that was held in Venice in 2014.

Correspondence: Rosa Vlasova, rosavlas@gmail.com, 21/4 Staraya Basmannaya ulitsa, The Neurolinguistics Laboratory at the National Research University Higher School of Economics, 105066 Moscow, Russia

Keywords: aphasia, conference summary

Copyright © 2014. Rosa M. Vlasova. This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) (CC BY), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author is credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice.

Received 08 December 2014, accepted 23 December 2014.