

Hindawi Publishing Corporation	
Computational and Mathematical Methods in Medicine Volume 2016, Article ID 2983685, 10 pages <a href="http://dx.doi.org/10.1155/2016/2983685">http://dx.doi.org/10.1155/2016/2983685</a>	
Review Article	
<b>Toward Psychoinformatics: Computer Science Meets Psychology</b>	<b>К психоинформатике: информатика встречается с психологией</b>
Christian Montag, <sup>1,2</sup> Éilish Duke, <sup>3</sup> and Alexander Markowetz <sup>4</sup>	
<sup>1</sup> Institute of Psychology and Education, Ulm University, Ulm, Germany	
<sup>2</sup> Key Laboratory for Neuroinformation/Center for Information in Medicine, School of Life Science and Technology, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, China	
<sup>3</sup> Department of Psychology, Goldsmiths, University of London, London, UK	
<sup>4</sup> Department of Informatics, University of Bonn, Bonn, Germany	
Correspondence should be addressed to Christian Montag; <a href="mailto:christian.montag@uni-ulm.de">christian.montag@uni-ulm.de</a> Received 12 January 2016; Revised 8 May 2016; Accepted 16 May 2016	
Academic Editor: Pietro Cipresso	
Copyright © 2016 Christian Montag et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.	
The present paper provides insight into an emerging research discipline called Psychoinformatics. In the context of Psychoinformatics, we emphasize the cooperation between the disciplines of psychology and computer science in handling large data sets derived from heavily used devices, such as smartphones or online social network sites, in order to shed light on a large number of psychological traits, including personality and mood. New challenges await psychologists in light of the resulting “Big Data” sets, because classic psychological methods will only in part be able to analyze this data derived from ubiquitous mobile devices, as well as other everyday technologies. As a consequence, psychologists must enrich their scientific methods through the inclusion of methods from informatics. The paper provides a brief review of one area of this research field, dealing mainly with social networks and smartphones. Moreover, we highlight how data derived from Psychoinformatics can be combined in a meaningful way with data from human neuroscience. We close the paper with some observations of areas	Настоящая статья дает представление о новой исследовательской дисциплине под названием психоинформатика. В контексте психоинформатики мы подчеркиваем сотрудничество между дисциплинами психологии и информатики в работе с большими наборами данных, получаемых с сильно используемых устройств, таких как смартфоны или онлайн-сайты социальных сетей, чтобы пролить свет на большое количество психологические особенности, в том числе личность и настроение. Новые вызовы ждут психологов в свете появившихся наборов «больших данных», потому что классические психологические методы смогут лишь частично проанализировать эти данные, полученные с помощью повсеместно распространенных мобильных устройств, а также других повседневных технологий. Как следствие, психологи должны обогащать свои научные методы путем включения методов из информатики. В статье представлен краткий обзор одной области этой области исследований, в основном касающейся социальных

<p>for future research and problems that require consideration within this new discipline.</p>	<p>сетей и смартфонов. Кроме того, мы подчеркиваем, как данные, полученные из психоинформатики, могут быть осмысленно объединены с данными человеческой нейронауки. Мы завершаем работу с некоторыми наблюдениями областей для будущих исследований и проблем, которые требуют рассмотрения в рамках этой новой дисциплины.</p>
<p>1. Introduction</p>	<p>1. Введение</p>
<p>(1) Current Research Methods in Psychology. Computer science is poised to have a tremendous impact on psychology. Besides experiments and questionnaires, it establishes a third fundamental research technique: the observation of human-device interaction on a very large scale. It allows psychologists to analyze variables such as personality traits (e.g., extraversion versus introversion), aptitudes (e.g., political), and cognitive functions (e.g., cognitive aging process), as well as behavior (e.g., hazardous driving behavior or active life style). Tracking hundreds of thousands of users, the resulting Big Data requires substantial modeling and cleaning. However, its sheer size in combination with machine learning techniques leverages statistical power (we refer to problems with false positives later on). Most importantly, it avoids most sources of bias, because the behavior of interest is directly recorded. Many biases are inherent to standard psychological measures, for example, the tendency to answer self-report measures in a socially desirable manner (e.g., [1]) or genuine cognitive problems in answering certain questions such as “How many hours do you typically spend on your smartphone?”, an assessment which is strongly undermined by time distortions [2]. Yet, the approach pioneered by Psychoinformatics also poses significant challenges to the two sciences involved. Most importantly, the two must learn to cooperate and ultimately shape an entirely new discipline: Psychoinformatics an emerging discipline that uses tools and techniques from the computer and information sciences to improve the acquisition, organization, and synthesis of psychological data.” (p. 391).</p>	<p>(1) Современные методы исследования в психологии. Компьютерная наука может оказать огромное влияние на психологию. Помимо экспериментов и анкет, он устанавливает третий фундаментальный метод исследования: наблюдение взаимодействия человека с устройством в очень большом масштабе. Это позволяет психологам анализировать такие переменные, как черты личности (например, экстраверсия против интроверсии), склонности (например, политические) и когнитивные функции (например, процесс когнитивного старения), а также поведение (например, опасное поведение вождения). или активный образ жизни). Отслеживая сотни тысяч пользователей, полученные большие данные требуют серьезного моделирования и очистки. Тем не менее, его огромный размер в сочетании с методами машинного обучения использует статистическую мощь (мы будем ссылаться на проблемы с ложными срабатываниями позже). Что наиболее важно, он избегает большинства источников предвзятости, потому что интересующее поведение записывается напрямую. Многие предубеждения присущи стандартным психологическим мерам, например, тенденция отвечать на самооценки социально желательным способом (например, [1]) или подлинные когнитивные проблемы при ответе на определенные вопросы, такие как «Сколько часов вы обычно тратите на вашем смартфоне? », оценка, которая сильно подорвана искажениями времени [2]. Тем не менее, подход, основанный на психоинформатике, также ставит серьезные проблемы перед двумя науками. Самое главное, что они должны научиться взаимодействовать и в конечном итоге сформировать совершенно новую дисциплину: психоинформатика новая дисциплина, которая использует инструменты и методы из компьютерных и информационных наук для улучшения сбора, организации и синтеза психологических данных. «. (с. 391).</p>

<p>Traditionally, the psychological sciences rely on two fundamental methods of data collection: experiments and interviews or questionnaires [5]. The former investigate one very particular aspect in a small and entirely controlled setting. The latter assess the broader behavior of a person by means of self-report questionnaire or (potentially structured) interviews [6]. These methods suffer inherent shortcomings.</p>	<p>Традиционно психологические науки опираются на два основных метода сбора данных: эксперименты и интервью или вопросники [5]. Первые исследуют один очень специфический аспект в маленькой и полностью контролируемой обстановке. Последние оценивают более широкое поведение человека с помощью анкеты самоотчета или (потенциально структурированных) интервью [6]. Этим методам свойственны недостатки.</p>
<p>Experiments are usually limited to a single data point (i.e., one experiment) considering a small number of users (who must typically be incentivized to participate). Clearly longitudinal experiments also exist, though these are conducted less frequently due to the high cost and effort involved. Self-report questionnaires and interviews also encounter problems, since humans find it hard to reliably recollect past events, and they are additionally subject to various sources of bias (e.g., the aforementioned tendencies toward social desirability; social desirability refers to the human bias toward presenting oneself in a manner deemed “appropriate” given certain requests or societal norms). In contrast, modern computer science introduces entirely new methods of assessing participants’ behavior longitudinally, on large scale, and in comparison to self-reports, in a rather objective manner. Computer science as a discipline is largely concerned with implementing algorithms using computers (or similar devices). For the purpose of this paper, we refer to how algorithms can be used on mobile devices to analyze “Big Data.” Thus, the main aim of the present work on Psychoinformatics is to highlight potential avenues of exploitation of data derived from digital technologies.</p>	<p>Эксперименты обычно ограничиваются одной точкой данных (то есть одним экспериментом) с учетом небольшого числа пользователей (которые обычно должны быть заинтересованы в участии). Очевидно, что существуют и продольные эксперименты, хотя они проводятся реже из-за высокой стоимости и затрат. Анкеты для самоотчетов и собеседования также сталкиваются с проблемами, поскольку людям трудно надежно вспомнить прошлые события, и они дополнительно подвержены различным источникам предвзятости (например, вышеупомянутые тенденции к социальной желательности; социальная желательность относится к человеческому уклону к представлению «Я» таким образом, который считается «уместным» с учетом определенных запросов или социальных норм). Напротив, современная компьютерная наука вводит совершенно новые методы оценки поведения участников в продольном, широком масштабе и по сравнению с самоотчётами довольно объективным образом. Информатика как дисциплина в значительной степени связана с реализацией алгоритмов с использованием компьютеров (или аналогичных устройств). Для целей данной статьи мы ссылаемся на то, как алгоритмы могут использоваться на мобильных устройствах для анализа «больших данных». Таким образом, основная цель настоящей работы по психоинформатике состоит в том, чтобы выделить потенциальные возможности использования данных, полученных из цифровых технологий.</p>
<p>(2) Developments in the Computer Industry Giving Way to Psychoinformatics. Over the past twenty years, the computer industry has produced a large range of powerful technologies, which have become ubiquitous in everyday life. Smartphones and other mobile devices provide constant connectivity and in doing so have changed our daily lives [7–9]. Together with online platforms such as Facebook, they have</p>	<p>(2) События в компьютерной индустрии, открывающие путь к психоинформатике. За последние двадцать лет компьютерная индустрия произвела широкий спектр мощных технологий, которые стали повсеместными в повседневной жизни. Смартфоны и другие мобильные устройства обеспечивают постоянную связь и изменили нашу повседневную жизнь [7–9]. Вместе с онлайн-платформами,</p>

become a central venue to communicate, shop, play, or study. As a consequence, digital technologies are pervasive in everyday life and data from such devices could be recorded on a large scale. Finally, cheap hardware allows us to store and analyze large amounts of data at little cost. These new technical innovations provide support for classic psychological methods, such as experiments and questionnaires [10]. First, they enable psychological experiments to be implemented through mobile phones [11]. In the latter study by Dufau et al., the researchers demonstrated the feasibility of conducting experiments on smartphones by implementing a lexical decision task on these devices. As discussed below, this new way of conducting experiments and gathering data needs to be compared with data acquired through classic experimental setups to ensure that data of equal quality can be achieved through Psychoinformatic methods. Is it feasible that neuropsychological tests and other classic test batteries may be implemented on smartphones and be studied not only in patients but also in the broad population? Psychoinformatic experiments can be conducted several times per day over an extended period of time, thus generating a larger number of data points per user. Second, they allow for questionnaires to be administered over mobile phones, potentially asking the participant to contribute data on a daily level, again collecting more data points per user [12]. Here, an interesting variable could be the assessment of mood or the inclusion of experience sampling to assess flow activities in everyday life (the flow concept is explained a bit later in the paper; [13]). The basic shortcomings of both methodologies will, however, remain. Only a limited number of users can be incentivized to regularly conduct an experiment, and questionnaires remain a source of bias (though, of course, self-report inventories will always be of importance in psychology, e.g., to highlight discrepancies between actual recorded behavior and self-view). However, data collection has already benefited from these technologies, for example, easier data processing enabled by the switch from paper-pencil questionnaires to questionnaires administered online, which eliminate errors in recording participants' responses [14]. However, as Psychoinformatics mainly considers variables derived from human-machine interaction on an operation system level (in contrast to filling in "simple" online questionnaires), the data requires significant preparation and preprocessing by skilled

такими как Facebook, они стали центральным местом для общения, покупок, игр или обучения. Как следствие, цифровые технологии широко распространены в повседневной жизни, и данные с таких устройств могут быть записаны в большом масштабе. Наконец, дешевое оборудование позволяет нам хранить и анализировать большие объемы данных при небольших затратах. Эти новые технические инновации обеспечивают поддержку классических психологических методов, таких как эксперименты и опросники [10]. Во-первых, они позволяют проводить психологические эксперименты с помощью мобильных телефонов [11]. В последнем исследовании Dufau и др. исследователи продемонстрировали возможность проведения экспериментов на смартфонах путем реализации лексической задачи решения на этих устройствах. Как обсуждается ниже, этот новый способ проведения экспериментов и сбора данных необходимо сравнивать с данными, полученными с помощью классических экспериментальных установок, чтобы гарантировать, что данные одинакового качества могут быть получены с помощью психоинформационных методов. Реально ли, что нейропсихологические тесты и другие классические тестовые батареи могут быть реализованы на смартфонах и могут быть изучены не только у пациентов, но и среди широкого населения? Психоинформационные эксперименты могут проводиться несколько раз в день в течение длительного периода времени, таким образом генерируя большее количество точек данных на пользователя. Во-вторых, они позволяют вводить вопросники по мобильным телефонам, потенциально прося участника вносить данные на ежедневном уровне, снова собирая больше точек данных на пользователя [12]. Здесь интересной переменной может быть оценка настроения или включение выборки опыта для оценки активности потока в повседневной жизни (концепция потока объясняется немного позже в статье; [13]). Однако основные недостатки обеих методологий сохраняются. Только ограниченное число пользователей может быть мотивировано на регулярное проведение эксперимента, и вопросники остаются источником предвзятости (хотя, конечно, инвентаризация самоотчетов всегда будет иметь важное значение в психологии, например, для выявления расхождений между фактическим записанным

<p>computer scientists before they are available for classic inferential statistical analyses. This point is discussed in more detail in the section on data cleaning.</p>	<p>поведением и самостоятельный вид). Тем не менее, сбор данных уже выиграл от этих технологий, например, более легкая обработка данных, обеспечиваемая переходом от бумажно-карандашных вопросников к анкетам, которые вводятся онлайн, что устраняет ошибки в записи ответов участников [14]. Тем не менее, поскольку психоинформатика в основном рассматривает переменные, полученные в результате взаимодействия человека с машиной на уровне операционной системы (в отличие от заполнения «простых» онлайн-опросников), данные требуют значительной подготовки и предварительной обработки опытными специалистами-программистами, прежде чем они станут доступны для классического логического анализа статистики. Этот момент более подробно обсуждается в разделе, посвященном очистке данных.</p>
<p>Electric sensors have improved significantly and pose another powerful technology for assessing the condition and behavior of humans. They can measure physical movement (via accelerometers) [15], galvanic skin response [16], or heart-rate (variability) [17, 18]. Over the past ten years, they have become very cost-effective and they require little maintenance by the participant. First, sensors can send their data automatically to a server via a smartphone. Second, efficient processors and powerful batteries have dramatically reduced the need to charge sensors [19]; current fitness trackers, for example, run an entire week on a single charge. The rapid development of technologies gives way to the Internet of Things (IoT), where everyday things such as coffee machines or the fridge are connected to the Internet (see also below) and can serve as data sources.</p>	<p>Электрические датчики значительно улучшились и представляют собой еще одну мощную технологию для оценки состояния и поведения людей. Они могут измерять физическое движение (с помощью акселерометров) [15], гальваническую реакцию кожи [16] или частоту сердечных сокращений (изменчивость) [17, 18]. За последние десять лет они стали очень рентабельными и требуют минимального обслуживания со стороны участника. Во-первых, датчики могут автоматически отправлять свои данные на сервер через смартфон. Во-вторых, эффективные процессоры и мощные аккумуляторы значительно сократили необходимость зарядки датчиков [19]; например, современные фитнес-трекеры работают без подзарядки целую неделю. Быстрое развитие технологий сменяется Интернетом вещей (IoT), где повседневные вещи, такие как кофемашины или холодильник, подключены к Интернету (см. Также ниже) и могут служить источниками данных.</p>
<p>(3) The Internet of Things and Psychoinformatics. As outlined above, the main methodological advantage Psychoinformatics offers over classic psychological techniques is the ability to track human-machine interaction directly on the device. For example, one can track the interaction between a user and their smartphone [20] or (smart) car [21]. This approach can also be extended to online platforms, such as social networks [22] or shopping sites [23]. Data is captured and transferred to a central server for further analysis, without requiring any interaction from the user. Such tracking outperforms traditional methods in terms of</p>	<p>(3) Интернет вещей и психоинформатика. Как указано выше, основным методологическим преимуществом, которое психоинформатика предлагает перед классическими психологическими техниками, является способность отслеживать взаимодействие человека с машиной непосредственно на устройстве. Например, можно отслеживать взаимодействие между пользователем и его смартфоном [20] или (умным) автомобилем [21]. Этот подход также может быть распространен на онлайн-платформы, такие как социальные сети [22] или торговые сайты</p>

<p>both the scale and quality of the data collected. First, it allows researchers to track a very large number of participants, up to hundreds of thousands. Second, it collects numerous data points per day, without demanding anything from the participant. As people increasingly move their lives online, potential data sources become ever richer, ultimately providing more data points per day. Simultaneously, such data sources become ever more plentiful, as our environments become increasingly digital. Soon, we will be able to track interaction with smart cars [24] and coffee machines [25].</p>	<p>[23]. Данные собираются и передаются на центральный сервер для дальнейшего анализа, не требуя вмешательства пользователя. Такое отслеживание превосходит традиционные методы с точки зрения как масштаба, так и качества собранных данных. Во-первых, это позволяет исследователям отслеживать очень большое количество участников, до сотен тысяч. Во-вторых, он собирает множество точек данных в день, ничего не требуя от участника. По мере того, как люди все больше перемещают свою жизнь в Интернете, потенциальные источники данных становятся все богаче, в конечном итоге обеспечивая больше точек данных в день. Одновременно таких источников данных становится все больше, поскольку наши среды становятся все более цифровыми. Вскоре мы сможем отслеживать взаимодействие с умными автомобилями [24] и кофемашинами [25].</p>
<p>This vision of a world, where every device has computational powers and online connectivity, is commonly referred to as “ubiquitous computing.” The term dates back to Mark Weiser’s work at Xerox PARC in the 1990s [26]. Meanwhile, it has become mainstream and denotes the corresponding research area in computer science [27]. In an even broader vision, the Internet of Things (IoT) or the Internet of Everything refers to a world, where every item is represented and every process is conducted digitally or at least documented digitally. Necessitating a globally agreed upon set of standards, the IoT thus forms something of a semantic infrastructure. Every device in this world produces data, documenting its actions. The storage and analysis of this data is commonly referred to as Big Data. In this vision, there is no causal relationship between data collection and its analysis; that is, data is commonly analyzed to answer questions that were only vaguely known, if at all, at the time of data collection. Of course, this approach yields the danger of false positive results, particularly in light of the many variables of interest to be gathered via recording of human-machine interaction, resulting in endless opportunities to search for significant correlations. Therefore, independent replication of results observed from Psychoinformatics data sets and carefully designed follow-up experiments (laboratory-based) will be necessary. There are numerous visions of how digitalization may shape our world. As an initial point for further reading, we refer readers to the seminal works by</p>	<p>Такое видение мира, в котором каждое устройство обладает вычислительными возможностями и возможностью подключения к сети, обычно называют «вездесущими вычислениями». Этот термин восходит к работе Марка Вайзера в Xerox PARC в 1990-х годах [26]. Между тем, это стало основным и обозначает соответствующую область исследования в информатике [27]. В еще более широком понимании Интернет вещей (IoT) или Интернет всего - это мир, в котором каждый элемент представлен и каждый процесс проводится в цифровой форме или, по крайней мере, в цифровой форме. В связи с необходимостью согласованного на глобальном уровне набора стандартов IoT образует нечто вроде семантической инфраструктуры. Каждое устройство в этом мире производит данные, документирующие свои действия. Хранение и анализ этих данных обычно называют большими данными. В этом видении нет причинно-следственной связи между сбором данных и их анализом; то есть данные обычно анализируются, чтобы ответить на вопросы, которые были лишь смутно известны, если вообще были известны, во время сбора данных. Конечно, такой подход создает опасность ложноположительных результатов, особенно в свете множества переменных, представляющих интерес, которые можно собирать посредством регистрации взаимодействия человек-машина, что приводит к бесконечным возможностям поиска значимых корреляций. Следовательно, потребуется независимая репликация</p>

<p>RiThin [27, 28] and Brynjolfsson and McAfee [29].</p>	<p>результатов, наблюдаемых из наборов данных психоинформатики, и тщательно спланированные последующие эксперименты (лабораторные). Существует множество представлений о том, как цифровизация может формировать наш мир. В качестве исходного пункта для дальнейшего чтения мы отсылаем читателей к основополагающим работам RiThin [27, 28] и Brynjolfsson and McAfee [29].</p>
<p>(4) The “Noise” in Big Data. Admittedly, the “Big Data” collected via Psychoinformatics methods contains a great amount of noise. However, as the methodology generates so much data on so many users, the signal should separate from noise more clearly than ever. For example, take a researcher interested in the investigation of cognitive functions, who wishes to assess cognitive function by studying the changing size of the word pool of a person’s language. If the researcher only considers word use across one day, the data set is unlikely to be very representative. Perhaps on this day, the participant only used WhatsApp with his/her child, writing in simple (childish) words. However, by analyzing this person’s word use over a longer time window, the standard error of the measure decreases, because digital interactions with a larger number of people can be included in the analysis.</p>	<p>(4) «Шум» в больших данных. Следует признать, что «большие данные», собранные с помощью методов психоинформатики, содержат много шума. Однако, поскольку методология генерирует так много данных о таком количестве пользователей, сигнал должен отделяться от шума более четко, чем когда-либо. Например, возьмем исследователя, интересующегося исследованием когнитивных функций, который желает оценить когнитивную функцию, изучая изменяющийся размер пула слов языка человека. Если исследователь рассматривает использование слова только в течение одного дня, набор данных вряд ли будет очень представительным. Возможно, в этот день участник использовал WhatsApp только со своим ребенком, написав его простыми (детскими) словами. Однако, анализируя использование слова этого человека в течение более длительного промежутка времени, стандартная ошибка меры уменьшается, поскольку в анализ могут быть включены цифровые взаимодействия с большим числом людей.</p>
<p>Finally, ubiquitous tracking avoids most sources of bias inherent to questionnaires. Tracking user interaction directly—for example, on a smartphone—remains subject to certain forms of bias (the feeling of being monitored might change the behavior of a person). Yet, these are much less than that present in experiments or questionnaires. Moreover, after a short while, participants should no longer think about the fact that they are being tracked. This clearly needs to be tested empirically, but we can think about this using a highway analogy. If a person moves into an apartment on a noisy street, he/she will clearly be annoyed by the noise for the first few days. After a while, however, the noise is filtered out by the human brain and some people will no longer be aware of it [30, 31]. Of course, there is a big difference between awareness of traffic noise compared with being tracked by another person. Nevertheless, the</p>	<p>Наконец, повсеместное отслеживание позволяет избежать большинства смещений, присущих вопросам. Непосредственное отслеживание взаимодействия с пользователем - например, на смартфоне - по-прежнему подвержено определенным формам предвзятости (чувство отслеживания может изменить поведение человека). Тем не менее, они гораздо меньше, чем в экспериментах или анкетах. Более того, через некоторое время участники больше не должны думать о том, что их отслеживают. Это явно необходимо проверить эмпирически, но мы можем подумать об этом, используя аналогию с шоссе. Если человек переезжает в квартиру на шумной улице, он / она явно будет раздражен шумом в течение первых нескольких дней. Однако через некоторое время шум отфильтровывается человеческим мозгом, и некоторые люди</p>

<p>success story of online social networks such as Facebook demonstrates that a large number of people are not overly concerned about their digital privacy (at least after a while); otherwise, they would reconsider their open profiles, and so forth.</p>	<p>перестают его осознавать [30, 31]. Конечно, существует большая разница между осознанием дорожного шума по сравнению с отслеживанием другим человеком. Тем не менее, история успеха онлайн-социальных сетей, таких как Facebook, показывает, что большое количество людей не слишком обеспокоены своей цифровой конфиденциальностью (по крайней мере, через некоторое время); в противном случае они пересмотрят свои открытые профили и так далее.</p>
<p>Tracking behavior on the smartphone is likely to lend the greatest insight into human behavior. It captures various aspects of life via a wide range of methods (movement patterns via GPS and text mining to infer mood, communication patterns, and size of the social network) [32, 33]. It is loaded with sensors. It can communicate its data autonomously to a remote server. It serves as the central device to access the web, shop online, communicate with friends, and play games. And, importantly for research budgets, most people already own such a device. According to statista.com [34], in 2016, more than two billion humans will use a smartphone. With this enormous distribution of smartphones worldwide, they are predestined to turn into the most prominent data source for scientists [35].</p>	<p>Отслеживание поведения на смартфоне, вероятно, поможет лучше понять поведение человека. Он охватывает различные аспекты жизни с помощью широкого спектра методов (модели движения с помощью GPS и интеллектуального анализа текста для определения настроения, моделей общения и размера социальной сети) [32, 33]. Он загружен датчиками. Он может передавать свои данные автономно на удаленный сервер. Он служит центральным устройством для доступа в Интернет, покупок в Интернете, общения с друзьями и игр. И, что важно для исследовательских бюджетов, большинство людей уже имеют такое устройство. По данным statista.com [34], в 2016 году более двух миллиардов человек будут пользоваться смартфоном. Благодаря такому огромному распространению смартфонов по всему миру, им суждено превратиться в самый выдающийся источник данных для ученых [35].</p>
<p>(5) The Complexity of Data Cleaning Steps. The inherently different data characteristics derived from the humanmachine interaction require an entirely different mentality from researchers. Big Data, such as that generated by means of ubiquitous tracking, is commonly characterized by the three Vs: velocity, variety, and volume [36]. Data arrives at a very high rate, in various formats and qualities, necessitating substantial means of storage. This data is inherently flawed and dirty. Yet, as indicated above, signal should separate from noise clearly (due to the massive amount of data points collected). While researchers of course need to check up on the collected data (see data cleaning a bit further down below), they must also sacrifice the kind of control they traditionally have in a strict experimental setup. Instead, they need to rely on the statistical power of a large number of measurements.</p>	<p>(5) Сложность шагов очистки данных. Различные по своим характеристикам данные, полученные в результате взаимодействия человека с машиной, требуют от исследователей совершенно другого менталитета. Большие данные, такие как данные, полученные с помощью повсеместного отслеживания, обычно характеризуются тремя значениями V: скорость, разнообразие и объем [36]. Данные поступают с очень высокой скоростью, в разных форматах и качествах, что требует значительных средств хранения. Эти данные изначально ошибочны и грязны. Тем не менее, как указано выше, сигнал должен четко отделяться от шума (из-за огромного количества собранных точек данных). Хотя исследователям, конечно, необходимо проверить собранные данные (см. Очистку данных чуть ниже), они также должны пожертвовать тем типом контроля, который они традиционно имеют в строгой</p>



	экспериментальной обстановке. Вместо этого они должны полагаться на статистическую мощьность большого количества измерений.
Frequently, this form of research will rely on data that has been collected for entirely different purposes. For example, a researcher might analyze the logs of a social network. Or they might utilize the billing information of a telecommunication provider. Any such approach, common to Big Data applications, shifts research to post hoc analysis. The scientific question at hand has no influence on the data collection. As a matter of fact, the question might not have arisen at the time the data was collected. This raw data, obtained via diverse applications, requires extensive processing. Initially, it is often cryptic and eludes analysis. It thus necessitates significant modeling before it can be analyzed. Thus, there may be many more processing steps, including various forms of data cleaning. Building models for data analysis will in effect replace a priori experimental design as the “intellectual” challenge in psychological research. This data cleaning processes will largely depend on the unique research question under investigation.	Часто эта форма исследования будет опираться на данные, которые были собраны для совершенно разных целей. Например, исследователь может анализировать журналы социальной сети. Или они могут использовать платежную информацию поставщика телекоммуникационных услуг. Любой такой подход, общий для приложений с большими данными, сдвигает исследования к специальному анализу. Научный вопрос не имеет никакого влияния на сбор данных. На самом деле, вопрос мог не возникать во время сбора данных. Эти необработанные данные, полученные с помощью различных приложений, требуют обширной обработки. Первоначально, это часто загадочно и ускользает от анализа. Таким образом, это требует значительного моделирования, прежде чем его можно будет проанализировать. Таким образом, может быть гораздо больше этапов обработки, включая различные формы очистки данных. Построение моделей для анализа данных фактически заменит априорный экспериментальный дизайн как «интеллектуальную» задачу в психологическом исследовании. Процессы очистки данных в значительной степени будут зависеть от уникального вопроса исследования, которое исследуется.
Consider a study on productivity issues in digital work environments. One could hypothesize that because more interruptions are observed, less productivity should be observable, owing to disturbance of the aforementioned experience of flow in one’s work. Flow represents a state of high (productive) concentration, in which a person’s skill is matched with the difficulty of a task. Smartphones can distract us to a point where reaching a state of flow becomes impossible. The study would thus focus on interruptions due to smartphones in everyday life. Therefore, the computer scientist might model how often a smartphone is flicked on and shut down. This modeling process must thus take many things into consideration. Is it more interesting to assess the length between phone sessions? Or should we calculate the general time spent on a smartphone each day? Should we count time, when the phone is used to listen to music, but not interactively? How should ultrashort smartphone sessions be handled, for example, where the phone’s screen is flicked on, but the	Рассмотрим исследование проблем производительности в цифровой рабочей среде. Можно предположить, что, поскольку наблюдается больше перерывов, следует наблюдать меньшую производительность из-за нарушения вышеупомянутого опыта потока в работе. Поток представляет собой состояние высокой (продуктивной) концентрации, в которой умение человека соответствует сложности задачи. Смартфоны могут отвлечь нас до такой степени, что достижение состояния потока становится невозможным. Таким образом, исследование будет сосредоточено на перерывах из-за смартфонов в повседневной жизни. Таким образом, ученый может смоделировать, как часто смартфон включается и выключается. Таким образом, этот процесс моделирования должен принимать во внимание многие вещи. Интересно ли оценить продолжительность между сеансами телефона? Или мы должны рассчитывать общее время, проведенное

<p>phone is not unlocked, and there is no further haptic interaction? The precise research question at hand will determine data cleaning and modeling. And any solution will require close interdisciplinary collaboration.</p>	<p>на смартфоне каждый день? Стоит ли считать время, когда телефон используется для прослушивания музыки, а не в интерактивном режиме? Как следует обрабатывать ультракороткие сеансы на смартфоне, например, когда экран телефона перевернут, но телефон не разблокирован и больше нет тактильного взаимодействия? Точный вопрос исследования будет определять очистку данных и моделирование. И любое решение потребует тесного междисциплинарного сотрудничества.</p>
<p>(6) What Is the Research Agenda of Psychoinformatics? Naturally, there have been previous collaborative efforts between the areas of psychology and computer science. In particular, Human-Computer Interfaces (HCI) denote the area of computer science concerned with the interaction between users and electronic systems, for example, by means of graphic interfaces or acoustic signals. This research direction thus comprises usability engineering, e-learning, interaction, and information design, among others. Immediately addressing the user, it touches many areas commonly studied by psychologists. In particular, the discipline of affective computing recognizes, reacts to, or mimics human affect [37]. Notably, the HUMAINE project investigated emotion-oriented systems [38]. For an introduction, see <a href="http://emotion-research.net/">http://emotion-research.net/</a>. More narrowly focused, Human-Robot Interaction focuses on the interface between users and (humanoid) robots, thus also touching on aspects of psychology. Both areas are well established within computer science, as documented by the IEEE Transactions on Affective Computing and the ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Yet, originating in HCI, these areas of research commonly focus on individual users and, up to now, have rarely utilized Big Data technologies. They, too, can thus benefit from the development of Psychoinformatics.</p>	<p>(6) Какова программа исследований психоинформатики? Естественно, ранее были совместные усилия в областях психологии и информатики. В частности, человеко-машинные интерфейсы (HCI) обозначают область компьютерных наук, связанную с взаимодействием между пользователями и электронными системами, например, посредством графических интерфейсов или акустических сигналов. Таким образом, это направление исследований включает в себя разработку юзабилити, электронное обучение, взаимодействие и информационный дизайн. Немедленно обращаясь к пользователю, он затрагивает многие области, обычно изучаемые психологами. В частности, дисциплина аффективных вычислений распознает, реагирует или подражает человеческому влиянию [37]. В частности, проект HUMAINE исследовал эмоционально-ориентированные системы [38]. Для ознакомления см. <a href="http://emotion-research.net/">Http://emotion-research.net/</a>. Более узко сфокусированное взаимодействие между человеком и роботом фокусируется на взаимодействии между пользователями и (гуманоидными) роботами, таким образом, также затрагивая аспекты психологии. Обе области хорошо зарекомендовали себя в области компьютерных наук, что подтверждается документами «Операции IEEE по аффективным вычислениям» и Международной конференцией ACM / IEEE по взаимодействию человека и робота. Тем не менее, берущие начало в области HCI, эти области исследований обычно ориентированы на отдельных пользователей и до сих пор редко использовали технологии больших данных. Таким образом, они также могут извлечь выгоду из развития психоинформатики.</p>
<p>The collaboration between computer science and psychology will finally allow the latter to more practically apply many of their scientific results.</p>	<p>Сотрудничество между информатикой и психологией, наконец, позволит последним более практично применять многие из своих</p>

Up to now, much quantitative research in psychology could admittedly have enjoyed more practical impact. By this we mean that important research in psychology is conducted in carefully designed laboratory experiments or questionnaire studies, where it is unclear if results can be generalized to real life. Now, however, results from psychology can be validated in everyday life and integrated into the logic of IT systems. Cars will recognize when drivers are sleepy or agitated. Learning software will realize when a student's attention is slipping. Such "affective computing" will be an integral part of most of the devices that surround us [37]. These applications will provide immediate practical value, not only to novel findings but also to many psychological results from previous decades. Of course, this also raises the question of whether Psychoinformatics will create its own unique research agenda. From the literature reviewed in this paper, it becomes clear that Psychoinformatics allows for many psychological research questions to be revisited and tested outside of strict laboratory settings, in everyday life. As mentioned, many important psychological insights have been derived in laboratory settings and therefore testing such results on a wider scale in diverse settings will pose a great challenge. In addition, as with every new interdisciplinary research endeavor, we are convinced that new questions will also arise, extending beyond traditional research questions in both fields. On this point, we present an example from our own work on the Menthal app (see detailed description in the Appendix). When we launched the Menthal project, we aimed to answer the rather simple but important question of how the smartphone dominates our lives. Our custom-made application tracked thousands of smartphones, recording how long participants used their phones each day and which applications are most used (and most distract us from important tasks). Some initial results arising from this project are presented in more detail below. When we analyzed the data set, we became aware of the enormous potential offered by these data; beyond the initial research question, we could indirectly study the sleep behavior of thousands of participants (a previous study from our lab shows that about 36–40% of smartphone users use their smartphone in the last five minutes before going to sleep and in the first five minutes after waking, [39]) or investigate interruptions in everyday life and, therefore, also loss of productivity, even for large populations. Moreover, by considering the

научных результатов. До сих пор многие количественные исследования в области психологии могли, по общему признанию, иметь больше практического эффекта. Под этим мы подразумеваем, что важные исследования в области психологии проводятся в тщательно разработанных лабораторных экспериментах или опросах, где неясно, можно ли обобщить результаты в реальной жизни. Однако теперь результаты психологии могут быть проверены в повседневной жизни и интегрированы в логику ИТ-систем. Автомобили будут распознавать, когда водители сонливы или взволнованы. Программное обеспечение обучения поймет, когда внимание студента уменьшается. Такие «аффективные вычисления» станут неотъемлемой частью большинства устройств, которые нас окружают [37]. Эти приложения обеспечат непосредственную практическую ценность не только для новых открытий, но и для многих психологических результатов предыдущих десятилетий. Конечно, это также поднимает вопрос о том, будет ли психоинформатика создавать свою собственную уникальную программу исследований. Из литературы, рассмотренной в этой статье, становится ясно, что психоинформатика позволяет пересмотреть и проверить многие вопросы психологических исследований вне строгих лабораторных условий в повседневной жизни. Как уже упоминалось, многие важные психологические знания были получены в лабораторных условиях, и поэтому проверка таких результатов в более широком масштабе в различных условиях создаст большую проблему. Кроме того, как и во всех новых междисциплинарных исследованиях, мы убеждены, что также возникнут новые вопросы, выходящие за рамки традиционных вопросов исследований в обеих областях. По этому вопросу мы представляем пример из нашей собственной работы над приложением Menthal (см. Подробное описание в Приложении). Когда мы запустили проект Menthal, мы стремились ответить на довольно простой, но важный вопрос о том, как смартфон доминирует в нашей жизни. Наше специальное приложение отслеживало тысячи смартфонов, регистрируя, как долго участники использовали свои телефоны каждый день и какие приложения используются чаще всего (и больше всего отвлекают нас от важных задач). Некоторые первоначальные результаты этого

<p>GPS signal, it would be possible to combine information from a person's location and smartphone activity with sociodemographic information on the region a person stays in. It is also possible to investigate how the behavior of a person is influenced by the weather at a given moment. In principle, the smartphone data, including its time and location point, could be linked to many external variables. In short, the enormous volume of data from large samples allows the possibility of answering many research questions, which were previously unconsidered. Clearly, this also poses fundamental challenges for ethics committees in determining what can and cannot be studied after the data has been collected. While smartphones and social networks may be an important source for understanding individual's psychological processes, we must also be mindful that these devices are designed for social interaction. Thus, the question arises, to what extent individual processes determined from smartphones truly represent an individual's internal processes or whether this information is influenced by their interactions with others through the smartphone.</p>	<p>проекта представлены более подробно ниже. Когда мы проанализировали набор данных, мы осознали огромный потенциал этих данных; Помимо первоначального вопроса исследования, мы могли бы косвенно изучить поведение сна тысяч участников (предыдущее исследование из нашей лаборатории показало, что около 36–40% пользователей смартфонов используют свои смартфоны в течение последних пяти минут перед сном и в первом через пять минут после пробуждения, [39]) или исследовать перерывы в повседневной жизни и, следовательно, также потерю производительности даже для больших групп населения. Более того, учитывая сигнал GPS, можно было бы объединить информацию о местонахождении человека и активности смартфона с социально-демографической информацией о регионе, в котором находится человек. Также можно исследовать, как погода влияет на поведение человека. в данный момент. В принципе, данные смартфона, включая его время и местоположение, могут быть связаны со многими внешними переменными. Короче говоря, огромный объем данных из больших выборок дает возможность ответить на многие вопросы исследования, которые ранее не рассматривались. Очевидно, что это также создает фундаментальные проблемы для комитетов по этике в определении того, что можно и что нельзя изучать после сбора данных. Хотя смартфоны и социальные сети могут быть важным источником для понимания психологических процессов отдельных людей, мы также должны помнить, что эти устройства предназначены для социального взаимодействия. Таким образом, возникает вопрос, в какой степени отдельные процессы, определяемые на смартфонах, действительно представляют внутренние процессы человека или на эту информацию влияют их взаимодействия с другими через смартфон.</p>
<p>(7) A Short Review of the First Studies in Psychoinformatics. Currently, the work that falls within the domain of Psychoinformatics is quite scattered. First, it is published in two rather separate scientific communities (psychology and computer science). Second, these are further fragmented in various subcommunities (and different journals), which are not necessarily aware of one another's findings. In general, researchers employ a range of techniques on a variety of data sets, using</p>	<p>(7) Краткий обзор первых исследований в области психоинформатики. В настоящее время работы, относящиеся к области психоинформатики, довольно разрознены. Во-первых, оно публикуется в двух отдельных научных сообществах (психология и информатика). Во-вторых, они еще более фрагментированы в различных сообществах (и разных журналах), которые не обязательно осведомлены о результатах друг друга. В целом,</p>

orthogonal methodologies and pursuing a broad set of research goals.	исследователи применяют ряд методов для различных наборов данных, используя ортогональные методологии и преследуя широкий набор целей исследования.
In recent years, a growing number of studies have been conducted, which broadly fit in the category of Psychoinformatics. The term itself has been independently coined by several workgroups [3, 4]. These studies mainly deal with data sources close to the World Wide Web, such as social networks. We provide a brief review of studies predicting psychological variables from online social networks, such as Facebook, or communication channels, such as Twitter.	В последние годы проводится все больше исследований, которые в целом относятся к категории психоинформатики. Сам термин был независимо придуман несколькими рабочими группами [3, 4]. Эти исследования в основном касаются источников данных, близких к всемирной паутине, таких как социальные сети. Мы предоставляем краткий обзор исследований, предсказывающих психологические переменные из социальных сетей, таких как Facebook, или каналов связи, таких как Twitter.
In their seminal study, Kosinski et al. [22] investigated over 58,000 Facebook users and demonstrated that it is possible to predict sexuality, ethnicity, or political attitudes from Facebook “Likes” in more than 80% of the cases. This study was also able to predict personality from the Facebook “Likes” (although this was less successful at making predictions on individual level). The prediction accuracy for the Big Five of Personality was between .29 and .43 in this study. Individual differences in personality were assessed with the International Personality Item Pool. A correlation of sug-) of the variance in Facebook Likes [48]. Again, extraverts reached more out to their social networks (in terms of longer WhatsApp usage). In addition, low conscientious persons stayed longer on WhatsApp [48]. Low conscientious people could be characterized as being less diligent and often not on time. Instead of following their everyday routines, they procrastinate over work tasks and spend too much time on their smartphones. A key advantage of using Psychoinformatics methods to investigate smartphone addiction is highlighted by recent work demonstrating significant time distortion associated with smartphone use, suggesting that smartphone users may be unable to accurately assess the duration of time they spend using their device [2, 49].	В своем оригинальном исследовании Kosinski et al. [22] исследовали более 58 000 пользователей Facebook и продемонстрировали, что можно предсказать сексуальность, этническую принадлежность или политические взгляды из «лайков» Facebook более чем в 80% случаев. Это исследование также смогло предсказать личность из «лайков» на Фейсбуке (хотя это было менее успешно при прогнозировании на индивидуальном уровне). Точность предсказания для Большой Пятерки Личности в этом исследовании была между .29 и .43. Индивидуальные различия в индивидуальности были оценены с помощью Международного пула личности. Корреляция sug-) дисперсии в Facebook Likes [48]. Опять же, экстраверты достигли большего в своих социальных сетях (с точки зрения более длительного использования WhatsApp). Кроме того, люди с низким уровнем совести дольше оставались в WhatsApp [48]. Люди с низким уровнем совести могут быть охарактеризованы как менее усердные и часто не вовремя. Вместо того, чтобы выполнять свои повседневные дела, они откладывают на работе и тратят слишком много времени на своих смартфонах. Ключевое преимущество использования методов психоинформатики для исследования зависимости от смартфона подчеркивается недавней работой, демонстрирующей значительное искажение времени, связанное с использованием смартфона, предполагая, что пользователи смартфона могут быть не в состоянии точно оценить продолжительность времени, которое они проводят, используя свое устройство [2, 49].
Dufau et al. [11] suggest that smartphones can also be used to investigate	Dufau и др. [11] предполагают, что смартфоны также могут быть

<p>cognitive variables. Here, it may be possible gestures that 16% (i.e., and the personality test overlap. Of interest, correlations of a similar magnitude between smartphone call variables and personality have also been reported [20]. Recently, Kosinski et al. [22] mentioned that this kind of data analysis may be helpful for personalizing web content and online commercials. By studying the communication platform Twitter, Querica et al. [40] observed that influential and popular Twitter users are extraverted and emotionally stable. Extraverted humans can be described as socially outgoing and reward sensitive, optimistic, and sometimes impulsive [41–43]. Qiu et al. [44] reported that personality traits such as neuroticism and agreeableness could also be predicted from tweets. Agreeable humans are likeable people and easily adjust to others [45]. Bai et al. [46] also successfully predicted personality from microblogs (in this case, the Chinese platform Sina). In this study, variables such as number of friends or followers on the microblog were correlated with personality. In sum, a growing number of studies present empirical evidence that data from human-machine-interaction (e.g., Facebook, Twitter, and Sina) can be investigated to successfully predict psychological variables.</p>	<p>использованы для исследования когнитивных переменных. Здесь могут быть возможны признаки того, что 16% (то есть и личностный тест перекрываются. Интересно, что также сообщалось о корреляциях аналогичной величины между переменными вызова смартфона и личностью [20]. Недавно Kosinski et al. [22] упомянул, что этот вид анализа данных может быть полезен для персонализации веб-контента и онлайн-рекламы. Изучая коммуникационную платформу Twitter, Querica и др. [40] обнаружили, что влиятельные и популярные пользователи Twitter экстравертированы и эмоционально устойчивы. как социально общительный и чувствительный к вознаграждениям, оптимистичный, а иногда и импульсивный [41–43]. Цю и др. [44] сообщили, что такие черты личности, как невротизм и приятность, можно предсказать из твитов. Приятные люди - приятные люди и легко приспосабливаются к другим [45]. Бай и др. [46] также успешно предсказывали личность из микроблогов (в данном случае, китайской платформы Sina). В этом исследовании переменные, такие как количество друзей Последователи в микроблоге были соотнесены с личностью. В целом, все большее число исследований представляют эмпирические доказательства того, что данные взаимодействия человека с машиной (например, Facebook, Twitter и Sina) могут быть исследованы для успешного прогнозирования психологических переменных.</p>
<p>Aside from exploiting data from these prominent social media networks, new studies also consider smartphones. In line with the aforementioned studies on Facebook and Twitter, Montag et al. [20] investigated call and SMS variables from smartphones to predict personality traits of smartphone users. While it may appear trivial that extraverts were associated with a range of call variables on the smartphone (as extraverts are socially outgoing, one would expect extraverts to use their phone more), it is noteworthy that Psychoinformatics helps researchers understand which of the large number of call variables on a smartphone is most strongly linked to extraversion. Considering variables such as duration of calls, number of outgoing calls, number of incoming calls, and distinct users called, it becomes clear that this question is not as easy to answer as it initially appears. In the study by Montag et al. [20], the number of outgoing calls was the best predictor for extraversion. An</p>	<p>Помимо использования данных из этих известных социальных сетей, в новых исследованиях также рассматриваются смартфоны. В соответствии с вышеупомянутыми исследованиями в Facebook и Twitter, Montag и др. [20] исследовали переменные вызовов и SMS со смартфонов, чтобы предсказать черты личности пользователей смартфонов. Хотя может показаться тривиальным, что экстраверты были связаны с рядом переменных вызовов на смартфоне (поскольку экстраверты социально общительны, можно ожидать, что экстраверты будут чаще пользоваться своим телефоном), однако следует отметить, что психоинформатика помогает исследователям понять, какой из большого числа Переменные вызова на смартфоне наиболее сильно связаны с экстраверсией. Принимая во внимание такие переменные, как продолжительность вызовов, количество исходящих вызовов, количество входящих</p>

<p>earlier study by Chittaranjan et al. [47] not only linked personality to smartphone variables but also provided a machine learning tool to predict personality from the smartphone variables. Going beyond personality and classic smartphone usage, another recent study provides some initial insights into the relationship between WhatsApp behavior and personality to observe fluctuations in cognitive functions via the smartphone, which lends itself to the study of cognitive decline in aging societies such as Germany. The study by Dufau et al. [11] is also of relevance from another perspective. In psychology, the terms validity and reliability are central concepts to the quality and generalizability of findings from psychological studies. Before we can consider results from Psychoinformatics alongside evidence collected from classic psychological approaches, whether data gathered from questionnaires via smartphones or similar channels yield the same psychometric properties as data obtained via paper-pencil questionnaires must be systematically tested. Although this is likely (as research has shown that paper-pencil and online questionnaires are comparable with respect to psychometric properties, e.g., [50]), data collected from experiments conducted on smartphones need to be compared with carefully conducted laboratory experiments.</p>	<p>вызовов и количество вызовов отдельных пользователей, становится ясно, что на этот вопрос ответить не так просто, как кажется на первый взгляд. В исследовании Montag et al. [20], количество исходящих звонков было лучшим предиктором экстраверсии. Более раннее исследование Chittaranjan et al. [47] не только связали личность с переменными смартфона, но и предоставили инструмент машинного обучения для прогнозирования личности по переменным смартфона. Выходя за рамки индивидуальности и использования классического смартфона, другое недавнее исследование дает некоторое первоначальное представление о взаимосвязи между поведением WhatsApp и личностью для наблюдения за колебаниями когнитивных функций с помощью смартфона, что позволяет изучать снижение когнитивных способностей в стареющих обществах, таких как Германия. Исследование Dufau et al. [11] также имеет значение с другой точки зрения. В психологии термины корректность и надежность являются основными понятиями качества и обобщения выводов психологических исследований. Прежде чем мы сможем рассмотреть результаты психоинформатики наряду с данными, собранными с помощью классических психологических подходов, следует систематически проверять, дают ли данные, собранные с помощью вопросников через смартфоны или аналогичные каналы, те же психометрические свойства, что и данные, полученные с помощью вопросников бумажного карандаша. Хотя это вероятно (поскольку исследования показали, что бумажно-карандашные и онлайн-анкеты сопоставимы по психометрическим свойствам, например, [50]), данные, собранные в ходе экспериментов на смартфонах, необходимо сравнивать с тщательно проведенными лабораторными экспериментами.</p>
<p>Studies investigating human-machine interaction beyond smartphones or online social networks are rather scarce. Interesting first examples show that the extraction of data from onboard diagnostics (OBD) of cars will be able to identify reckless driving behavior [51, 52] and connecting your fridge to the Internet may help you to follow a healthier diet plan [53].</p>	<p>Исследования, посвященные изучению взаимодействия человека с машиной за пределами смартфонов или социальных сетей, довольно скудны. Первые интересные примеры показывают, что извлечение данных из бортовой диагностики (OBD) автомобилей позволит идентифицировать безрассудное поведение при вождении [51, 52], а подключение вашего холодильника к Интернету может помочь вам соблюдать план здорового питания [53].</p>

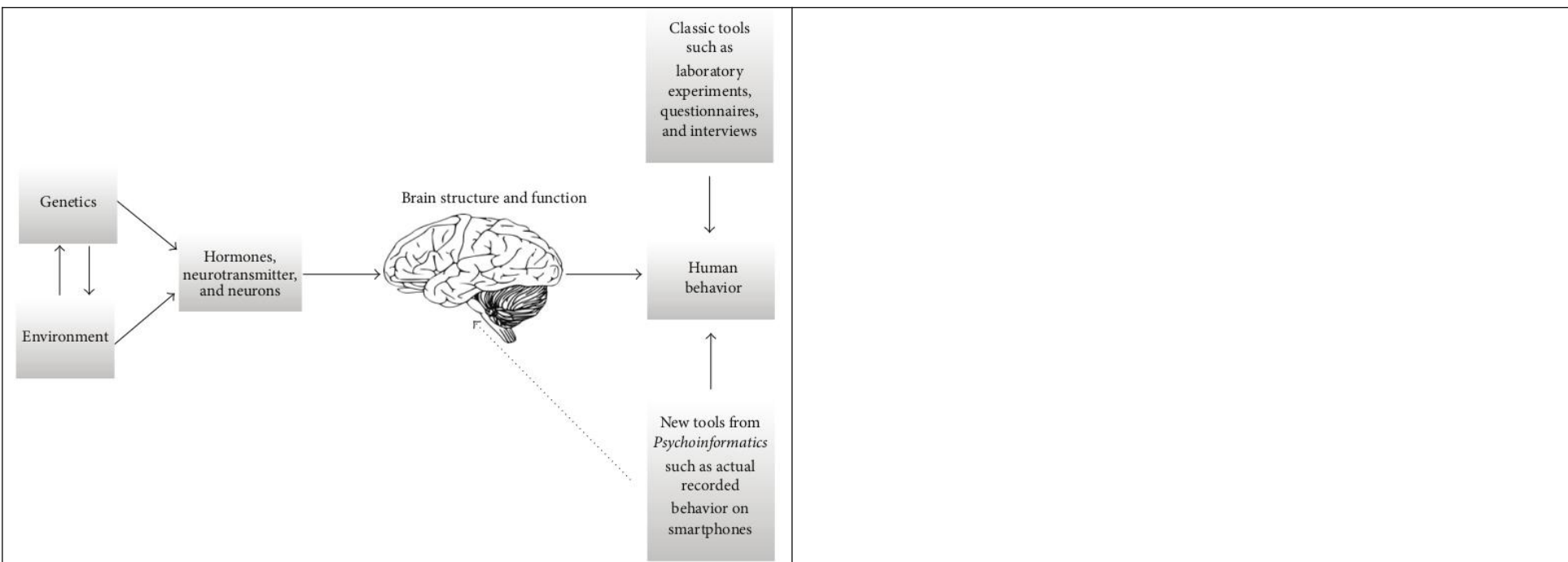
2. Toward Psycho(neuro)informatics	2. К психо (нейро) информатике
<p>2.1. Combining Neuroscientific Data with Data from Psychoinformatics. We have thus far argued for the enhancement of “traditional” psychological data collection by introducing methods from Psychoinformatics. This perspective must also be extended to neuroscience, due to the increasing number of psychologists, who also work in the field of neuroscience [54– 56]. Such researchers aim to understand the links between cognition, motivation, and emotion with brain structure and function (and its underlying biochemistry). In recent years, much research has sought to establish links between personality and human brain structure, albeit with heterogenous outcomes [57, 58]. This is also true for molecular genetics [59]. In both fields, problems in replicating results can be linked to differences in preprocessing of imaging data (e.g., MRI), ethnic differences of the participants (both), varying sample sizes, and of course different self-report inventories used to assess individual differences in certain personality traits or related phenotypes (both). Clearly, a central challenge lies in achieving a sufficient sample size (e.g., [60]).</p>	<p>2.1. Объединение нейронаучных данных с данными психоинформатики. До сих пор мы выступали за улучшение «традиционного» сбора психологических данных путем внедрения методов психоинформатики. Эта перспектива также должна быть распространена на нейробиологию из-за растущего числа психологов, которые также работают в области нейробиологии [54– 56]. Такие исследователи стремятся понять связь между познанием, мотивацией и эмоциями со структурой и функцией мозга (и его базовой биохимией). В последние годы многие исследования были направлены на установление связей между личностью и структурой мозга человека, хотя и с неоднородными результатами [57, 58]. Это также верно для молекулярной генетики [59]. В обеих областях проблемы с тиражированием результатов могут быть связаны с различиями в предварительной обработке данных визуализации (например, МРТ), этническими различиями участников (обе), разным размером выборки и, конечно же, различными инвентаризациями самоотчетов, используемыми для оценки индивидуальных различий. в определенных чертах личности или связанных фенотипах (оба). Очевидно, что центральная проблема заключается в достижении достаточного размера выборки (например, [60]).</p>
<p>To elucidate these problems, let us consider a number of examples: Trying to understand how individual differences in trait anxiety arise from the human brain, researchers need to choose from the correct neuroscientific tools, as well as from an arsenal of self-report inventories. Unfortunately, many of these self-report measures are only modestly correlated and so the outcome of the research will be highly dependent on the chosen measure of anxiety [61]. Instead of relying exclusively on self-report data, it will be more valid to observe anxiety from human-machine interaction (see below for an example) and link this “real” recorded behavior with variables from neuroscience. The problems of self-report inventories could be significantly reduced by combining observed behavior from Psychoinformatics with neuroscientific data. By applying these methods, real behavior in one study can be made comparable with real behavior in another study. This could lead to better replication of results, as the same dependent</p>	<p>Чтобы выяснить эти проблемы, давайте рассмотрим ряд примеров: пытаюсь понять, как индивидуальные различия в чертах тревожности возникают из человеческого мозга, исследователи должны выбирать из правильных нейронаучных инструментов, а также из арсенала инвентаризаций самоотчетов. К сожалению, многие из этих показателей самоотчетов скромно коррелируют, и поэтому результаты исследования будут сильно зависеть от выбранной меры тревоги [61]. Вместо того, чтобы полагаться исключительно на данные самоотчетов, было бы более уместно наблюдать беспокойство от взаимодействия человека с машиной (см. Пример ниже) и связывать это «реальное» записанное поведение с переменными из нейронауки. Проблемы инвентаризации самоотчетов могут быть значительно уменьшены путем сочетания наблюдаемого поведения из психоинформатики с нейронаучными данными. Применяя эти методы, реальное</p>



<p>variables are investigated. For example, the study by Kern et al. [62] reported that people with high scores on measures of neuroticism tend to use words such as “sick of,” “depression,” “alone,” or “lonely” more frequently on social networks. Thus, quantifying the use of such words in different communications channels by means of text mining would produce an interesting variable to be combined with neuroscientific data. Moreover, personality traits should be reasonably stable across all kinds of different behaviors and diverse situations in everyday life (please see information on the personality paradox by Mischel and Shoda [63]; they describe how stability of personality must be established across different contexts, e.g., a boy behaves in a stable way, shy when being around girls but not shy when he is with a male peer-group), so anxiety may also be reflected in the way we drive cars or our communication patterns via e-mail. Clearly, tracking and use of this data (even for scientific purposes) poses great ethical challenges, which we discuss in the following.</p>	<p>поведение в одном исследовании можно сопоставить с реальным поведением в другом исследовании. Это может привести к лучшей репликации результатов, поскольку исследуются одни и те же зависимые переменные. Например, исследование Kern et al. [62] сообщили, что люди с высокими показателями по невротизму чаще используют такие слова, как «больной», «депрессия», «один» или «одинокый», чаще в социальных сетях. Таким образом, количественная оценка использования таких слов в различных каналах связи с помощью интеллектуального анализа текста создаст интересную переменную, которая будет объединена с нейронаучными данными. Кроме того, личностные качества должны быть достаточно стабильными во всех видах различного поведения и различных ситуациях в повседневной жизни (см. Информацию о парадоксе личности Мишеля и Шоды [63]; они описывают, как должна быть установлена стабильность личности в разных контекстах, например, мальчик ведет себя стабильно, стесняется, когда находится рядом с девочками, но не стесняется, когда он в группе сверстников мужского пола), поэтому беспокойство может также отражаться в том, как мы водим машины или в наших моделях общения по электронной почте. Очевидно, что отслеживание и использование этих данных (даже в научных целях) создает большие этические проблемы, которые мы обсудим ниже.</p>
<p>Another example for the importance of the inclusion of real life behavior in neuroscientific research endeavors bases on findings from the study by Bickart et al. [64]. They observed that the size of the amygdala is positively correlated with the size of participants’ social network. In this study, the size of the social network was assessed by a self-report questionnaire called Social Network Index (SNI) [64]. In times, where humans carry smartphones with them on a 24/7 basis, not only the sheer number of contacts saved in their smartphone but also the activity of their social network in terms of incoming/outgoing calls will provide a more precise picture of their social network size and activities.</p>	<p>Другой пример важности включения реального поведения в нейронаучные исследования основан на результатах исследования Bickart et al. [64]. Они отметили, что размер миндалины положительно коррелирует с размером социальной сети участников. В этом исследовании размер социальной сети оценивался с помощью анкеты для самоотчета под названием Social Network Index (SNI) [64]. Во времена, когда люди носят с собой смартфоны круглосуточно, не только количество контактов, сохраненных на их смартфоне, но и активность их социальной сети в плане входящих / исходящих вызовов обеспечат более точную картину размера их социальной сети и деятельность.</p>
<p>Aside from this research on personality and social networks, a large number of research topics such as mood or wellbeing can also benefit from the inclusion of Psychoinformatics methods. The methodology thus continues the tradition of the experience sampling method (ESM), which</p>	<p>Помимо этого исследования личности и социальных сетей, большое количество исследовательских тем, таких как настроение или благополучие, также могут извлечь выгоду из включения методов психоинформатики. Таким образом, методология продолжает</p>

<p>has been used in psychology for many years. In such paradigms, participants wear a tracker in everyday life and are asked at random intervals what they are doing and feeling over the course of the day. The ultimate aim of Psychoinformatics, however, is that participants will no longer be asked directly, as these questions can be answered by the data from humanmachine interaction. This would be least invasive for the participant. Of course, much neuroscientific research will always depend on strictly controlled experimental conditions. This is particularly true for imaging studies, such as those using MRI. On the other hand, mobile EEG systems are already in existence and have been used to record brain activity in environments such as zero-gravity [65] and other more natural settings [66]. In addition, biological variables such as cortisol measures or genetic samples can be collected in the field with relative ease and can be combined with data derived from Psychoinformatics (e.g., [67]). In short, neuroscientific techniques differ strongly in their applicability to be included in the field outside the laboratory.</p>	<p>традицию метода выборки опыта (ESM), который используется в психологии на протяжении многих лет. В таких парадигмах участники носят трекер в повседневной жизни и через произвольные промежутки времени спрашивают, что они делают и чувствуют в течение дня. Однако конечная цель психоинформатики заключается в том, чтобы участников больше не задавали напрямую, поскольку на эти вопросы могут дать ответ данные взаимодействия человека с машиной. Это было бы наименее инвазивным для участника. Конечно, многие нейронаучные исследования всегда будут зависеть от строго контролируемых экспериментальных условий. Это особенно верно для исследований изображений, таких как те, которые используют МРТ. С другой стороны, мобильные ЭЭГ-системы уже существуют и используются для регистрации активности мозга в таких условиях, как невесомость [65] и других более естественных условиях [66]. Кроме того, биологические переменные, такие как показатели кортизола или генетические образцы, могут быть сравнительно легко собраны в полевых условиях и могут быть объединены с данными, полученными из психоинформатики (например, [67]). Короче говоря, нейробиологические методы сильно различаются по их применимости для включения в область вне лаборатории.</p>
<p>Psychologists may also be wary of sacrificing their long established methods to rapidly evolving technologies. We argue that this will not be the case. Again, self-report, classic lab-based experiments or interviews will not be eliminated but rather compared and enhanced with what can be objectively observed. In particular, biases in one's own perception and actual recorded behavior will make it possible to add a new layer to both research and counseling. In this context, we strongly believe that Psycho(neuro)informatics will also have an impact on behavioral neuroscience. Figure 1 illustrates this relationship in more detail. This figure shows that genes and the environment interact and shape hormone and neurotransmitter levels [68, 69]. In the future, more and more studies will also investigate how the environment can influence methylation patterns and make genetic information available. Again, the measure of environmental variables can be enhanced by incorporating real recorded behavior from everyday life. Following from this, we are of the opinion that the growing field of epigenetics can also profit from the inclusion of</p>	<p>Психологи могут также опасаться жертвовать своими давно установленными методами для быстрого развития технологий. Мы утверждаем, что это не так. Опять же, самоотчеты, классические лабораторные эксперименты или собеседования не будут исключены, а скорее сопоставлены и дополнены тем, что можно объективно наблюдать. В частности, предвзятость в собственном восприятии и фактическом зарегистрированном поведении позволит добавить новый слой как для исследований, так и для консультирования. В этом контексте мы твердо верим, что психо(нейро) информатика также будет влиять на поведенческую неврологию. Рисунок 1 иллюстрирует эту взаимосвязь более подробно. На этом рисунке показано, что гены и окружающая среда взаимодействуют и формируют уровни гормонов и нейротрансмиттеров [68, 69]. В будущем все больше и больше исследований будет также изучать, как окружающая среда может влиять на модели метилирования и делать генетическую</p>

<p>methods from Psychoinformatics [70]. All in all, molecular genetics, epigenetics, hormones, neurotransmitter systems, neurons, and so forth represent the biochemical foundations of brain structure and function. Individual differences in the structure and function of the human brain might then be able to explain individual differences in personality traits and other related psychological variables. Finally, we include a dashed line in the figure. This line refers to the possibility of applying machine learning algorithms to neuroscientific data. This is already common practice and so we will not discuss the point further here but refer readers to the work of Nouretdinov et al. [71] and Pereira et al. [72]. Thus, we argue that Psychoinformatics must be incorporated into the assessment of human behavior, as such recorded behavior may be more closely linked to our biology than selfreport assessments. Future research can establish whether this assumption is correct.</p>	<p>информацию доступной. Опять же, мера переменных среды может быть улучшена путем включения реального записанного поведения из повседневной жизни. Исходя из этого, мы считаем, что растущее поле эпигенетики может также извлечь выгоду из включения методов из психоинформатики [70]. В целом, молекулярная генетика, эпигенетика, гормоны, нейротрансмиттерные системы, нейроны и т. Д. Представляют собой биохимические основы структуры и функции мозга. Индивидуальные различия в структуре и функциях человеческого мозга могут затем объяснить индивидуальные различия в личностных особенностях и других связанных психологических переменных. Наконец, мы включили пунктирную линию на рисунке. Эта строка относится к возможности применения алгоритмов машинного обучения к нейронаучным данным. Это уже общепринятая практика, и поэтому мы не будем здесь обсуждать этот вопрос, а отсылаем читателей к работе Нуретдинова и соавт. [71] и Перейра и соавт. [72]. Таким образом, мы утверждаем, что психоинформатика должна быть включена в оценку человеческого поведения, поскольку такое зарегистрированное поведение может быть более тесно связано с нашей биологией, чем самоотчеты. Будущие исследования могут установить, является ли это предположение правильным.</p>
<p>2.2. Challenges. The core challenge for Psycho(neuro)informatics lies in its interdisciplinarity. Neither psychology nor computer science can achieve this level of progress independently. Psychologists lack the ability to construct large-scale tracking systems and to manage the resulting data. Thus, they stand to benefit from methods of data modeling and mining. Computer scientists, on the other hand, lack the domain expertise, as well as the long tradition of (ethically sound) research on human subjects. Both sciences have yet to establish common ground, a canonical approach, terminology, and methodology.</p>	<p>2.2. Проблемы. Основная проблема для психо (нейро) информатики заключается в ее междисциплинарности. Ни психология, ни информатика не могут достичь этого уровня прогресса самостоятельно. Психологам не хватает возможностей для создания крупномасштабных систем отслеживания и управления полученными данными. Таким образом, они получают выгоду от методов моделирования данных и майнинга. С другой стороны, программистам не хватает знаний в предметной области, а также давних традиций (этически обоснованных) исследований на людях. Обе науки еще не нашли общих позиций, канонического подхода, терминологии и методологии.</p>
<p>FIGURE 1: The inclusion of tools from Psychoinformatics will add a new interesting layer to neuroscientific psychological work (the depicted brain has been taken from <a href="https://pixabay.com/">https://pixabay.com/</a>; Public Domain).</p>	<p>РИСУНОК 1: Включение инструментов из Психоинформатики добавит новый интересный слой к нейробиологической психологической работе (изображенный мозг был взят из <a href="https://pixabay.com/">https://pixabay.com/</a>; Public Domain).</p>




Accordingly, both sciences need to cultivate a common research culture. Currently, results in computer science are largely published at large conferences; journal articles frequently only extend previous conference publications. Psychology on the other hand publishes predominantly in (equally peer-reviewed) journals. Hence, both sciences have a different speed of publication. Similarly, universities must adapt to interdisciplinary research undertakings. They need to support careers that are not particularly advanced inside computer science but conduct groundbreaking research in collaboration with psychologists. Or they need to establish corresponding degree programs and departments. Equally, funding agencies need to be open to interdisciplinary applications.

Соответственно, обе науки должны культивировать общую исследовательскую культуру. В настоящее время результаты в области компьютерных наук в основном публикуются на крупных конференциях; Журнальные статьи часто только расширяют предыдущие публикации конференции. Психология, с другой стороны, публикуется преимущественно в (в равной степени рецензируемых) журналах. Следовательно, обе науки имеют разную скорость публикации. Аналогичным образом, университеты должны адаптироваться к междисциплинарным исследованиям. Они должны поддерживать карьеру, которая не особенно продвинута в области компьютерных наук, но проводит инновационные исследования в сотрудничестве с психологами. Или им нужно создать соответствующие программы и отделы. Точно так же финансирующие учреждения должны быть открыты для междисциплинарных заявок.

As with any technological paradigm shift, there are ethical challenges to be addressed. Naturally, data privacy is a major concern. However, psychological research has dealt with private and intimate data since its inception and has an established code of conduct for handling data,

Как и в случае любой смены технологической парадигмы, здесь необходимо решить этические проблемы. Естественно, конфиденциальность данных является серьезной проблемой. Тем не менее, психологические исследования были посвящены частным и

<p>which can be readily adapted to include digital data. More problematic issues arise, when psychological findings are put to practice in Big Data applications. One might deduce personality features of a user from his online behavior and hence have the potential to deny him/her a particular job. Or one might be able to assess the emotions of an online shopper and “bait” the individual accordingly. While these questions must be addressed, they will become part of a wider discussion regarding the use of Big Data technologies. Additionally, further ethical issues must be expected to arise over the coming years. In particular, different political systems might handle data protection issues in a different way.</p>	<p>интимным данным с момента их создания и имеют установленный кодекс поведения для обработки данных, который может быть легко адаптирован для включения цифровых данных. Более проблемные вопросы возникают, когда психологические выводы применяются на практике в приложениях больших данных. Можно вывести личностные особенности пользователя из его поведения в Интернете и, следовательно, иметь возможность отказать ему / ей в конкретной работе. Или можно было бы оценить эмоции онлайн-покупателя и «приманить» человека соответственно. Хотя эти вопросы должны быть рассмотрены, они станут частью более широкой дискуссии об использовании технологий больших данных. Кроме того, в ближайшие годы должны возникнуть новые этические проблемы. В частности, разные политические системы могут решать проблемы защиты данных по-разному.</p>
<p>Finally, the scientific community has to address data access as a new factor influencing the work of researchers. Today, many publications require scientists to disclose industry funding. After all, such a relationship may result in a conflict of interests and, in the worst case, could influence research or results. Given the novel methodologies, access to proprietary data is an equally important factor of large corporations to hand out “favors”: For example, given access to a large social network, a scientist may be able to discover and publish an entire range of findings, but this may be impeded if the company deems these findings controversial. It must, therefore, become mandatory for scientists to disclose proprietary access to data from any external source that might trigger a conflict of interests.</p>	<p>Наконец, научное сообщество должно рассматривать доступ к данным как новый фактор, влияющий на работу исследователей. Сегодня многие публикации требуют от ученых раскрытия отраслевого финансирования. В конце концов, такие отношения могут привести к конфликту интересов и, в худшем случае, могут повлиять на исследования или результаты. Принимая во внимание новые методологии, доступ к частным данным является не менее важным фактором для крупных корпораций, чтобы распространять «услуги»: например, при доступе к большой социальной сети ученый может обнаружить и опубликовать целый ряд результатов, но это может быть затруднено, если компания считает эти выводы противоречивыми. Следовательно, для ученых должно стать обязательным раскрывать частный доступ к данным из любого внешнего источника, который может вызвать конфликт интересов.</p>
<p>While Psychoinformatics is still in its infancy and may not even be recognized as such, the path ahead is clearly laid out. Over the next decade, we will see numerous and massive research undertakings between psychology and computer science. The sooner the research community realizes that these efforts are not singular events but part of a paradigm shift, the sooner the two sciences can establish common ground, canonical methodologies, and taxonomies, as well as common ethical standards. And, eventually, this novel research direction will</p>	<p>Хотя психоинформатика все еще находится в зачаточном состоянии и, возможно, даже не признается как таковая, путь вперед четко определен. В течение следующего десятилетия мы увидим многочисленные и масштабные исследования между психологией и информатикой. Чем раньше научное сообщество поймет, что эти усилия являются не единичными событиями, а частью смены парадигмы, тем скорее две науки смогут установить общую основу, канонические методологии и таксономии, а также общие этические</p>

establish a field of its own.	стандарты. И, в конце концов, это новое направление исследований создаст собственную область.
<p>FIGURE 2: Screenshots of our application “Menthal.”</p> 	<p>РИСУНОК 2: Скриншоты вашего приложения «Menthal».</p>
<p>2.3. Conclusions. The next decade will see an increasing number of research undertakings, residing squarely between computer science and psychology. Most might not be coined as Psychoinformatics. Many might not involve traditionally trained computer scientists or psychologists. Some might not even be aware that they are pursuing a psychological question. Yet, intentional or not, computer science will, to some degree, change the basic methodologies in psychology.</p>	<p>2,3. Выводы. В следующем десятилетии будет расти число исследовательских работ, которые будут находиться между компьютерной наукой и психологией. Большинство из них не могут быть придуманы как психоинформатика. Многие могут не привлекать традиционно обученных компьютерных ученых или психологов. Некоторые могут даже не осознавать, что преследуют психологический вопрос. Тем не менее, намеренно или нет, компьютерная наука в некоторой степени изменит основные методологии в психологии.</p>
Appendix	Приложение
Menthal as an Example for a Large-Scale Project in Psychoinformatics	Menthal как пример для крупномасштабного проекта в психоинформатике
In the following, we would like to give insights into our own “Menthal” project (Mental Health Diagnostics, <a href="https://menthal.org/">https:// menthal.org/</a> ). This project illustrates how a study in Psychoinformatics develops and can be	Далее мы хотели бы рассказать о нашем собственном проекте «Mental» (Mental Health Diagnostics, <a href="https://menthal.org/">https://menthal.org/</a> ). Этот проект иллюстрирует, как развивается и может проводиться

conducted.	изучение психоинформатики.
Menthal assesses smartphone usage on a very large scale. In less than ten years, smartphones have dramatically altered how we communicate, navigate, date, play, and travel. The resulting changes in our society are evident, yet they have not been scientifically studied. We wanted to log how people actually spend their time on the phone. This behavior was to be assessed directly via the phone, objectively, without relying on self-reports. The question remained: how to incentivize large numbers of users to provide insight into their phone behavior.	Menthal оценивает использование смартфона в очень большом масштабе. Менее чем за десять лет смартфоны кардинально изменили наше общение, навигацию, свидания, игры и путешествия. В результате изменения в нашем обществе очевидны, но они не были научно изучены. Мы хотели узнать, как люди проводят время в телефоне. Это поведение должно было оцениваться непосредственно по телефону, объективно, не полагаясь на самоотчеты. Оставался вопрос: как стимулировать большое количество пользователей, чтобы они могли понять свое поведение на телефоне.
To attract users, we developed an app that tracks users' smartphone usage (see Figure 2). It informs users how long they use their phone, how often they flick on their phones, and which apps are most prominent in one's own user history, and so forth. Smartphone users can then decide if their phone behavior is questionably high and track progress on reducing it. On a technical level, the app sends raw data (e.g., "phone unlocked" and "app started") to our server. The latter computes the corresponding aggregate functions (e.g., how long and how often) and returns this information back to the users' phones in a visual manner. This data also remains on our servers for scientific analysis. In essence, we thus copy the business model of Google: we provide a free and useful service; in return, the users contribute their data. We communicate the approach openly via an informed consent form completed by the participant during app installation.	Чтобы привлечь пользователей, мы разработали приложение, которое отслеживает использование смартфонов пользователями (см. Рисунок 2). Он информирует пользователей о том, как долго они используют свой телефон, как часто они переключаются на своих телефонах и какие приложения наиболее заметны в собственной истории пользователей и т. Д. Пользователи смартфонов могут затем решить, является ли их поведение телефона сомнительно высоким, и отслеживать прогресс в его снижении. На техническом уровне приложение отправляет необработанные данные (например, «телефон разблокирован» и «приложение запущено») на наш сервер. Последний вычисляет соответствующие агрегатные функции (например, как долго и как часто) и возвращает эту информацию обратно на телефоны пользователей в визуальной форме. Эти данные также остаются на наших серверах для научного анализа. По сути, мы копируем бизнес-модель Google: мы предоставляем бесплатный и полезный сервис; в свою очередь, пользователи предоставляют свои данные. Мы сообщаем подход открыто через форму информированного согласия, заполненную участником во время установки приложения.
This application also offers participants the option of contributing additional information on their personality or daily mood. By providing us with this information, they again receive feedback on their personality scores or see how their mood changes over time (mood diary) to incentivize participation.	Это приложение также предлагает участникам возможность внести дополнительную информацию о своей личности или ежедневном настроении. Предоставляя нам эту информацию, они снова получают отзывы о своих личностных показателях или видят, как их настроение меняется со временем (дневник настроения), чтобы стимулировать участие.

Competing Interests	
The authors declare that there are no competing interests regarding the publication of this paper.	
Acknowledgments	
Christian Montag is funded by a Heisenberg Grant (MO 2363/3-1) awarded to him by the German Research Foundation (DFG).	
References	
[1] A. J. Nederhof, “Methods of coping with social desirability bias: a review,” <i>European Journal of Social Psychology</i> , vol. 15, no. 3, pp. 263–280, 1985.	
[2] Y.-H. Lin, Y.-C. Lin, Y.-H. Lee et al., “Time distortion associated with smartphone addiction: identifying smartphone addiction via a mobile application (App),” <i>Journal of Psychiatric Research</i> , vol. 65, pp. 139–145, 2015.	
[3] A. Markowetz, K. Błaszczewicz, C. Montag, C. Switala, and T. E. Schlaepfer, “Psycho-informatics: big data shaping modern psychometrics,” <i>Medical Hypotheses</i> , vol. 82, no. 4, pp. 405–411, 2014.	
[4] T. Yarkoni, “Psychoinformatics: new horizons at the interface of the psychological and computing sciences,” <i>Current Directions in Psychological Science</i> , vol. 21, no. 6, pp. 391–397, 2012.	
[5] H. Coolican, <i>Research Methods and Statistics in Psychology</i> , Hodder & Stoughton Educational, London, UK, 1990.	
[6] M. A. McDaniel, D. L. Whetzel, F. L. Schmidt, and S. D. Maurer, “The validity of employment interviews: a comprehensive review and meta-analysis,” <i>Journal of Applied Psychology</i> , vol. 79, no. 4, pp. 599–616, 1994.	
[7] E. Harmon and M. Mazmanian, “Stories of the smartphone in everyday discourse: conflict, tension & instability,” in <i>Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI ’13)</i> , pp. 1051–1060, ACM, Paris, France, May 2013.	
[8] G. Merchant, “Mobile practices in everyday life: popular digital technologies and schooling revisited,” <i>British Journal of Educational Technology</i> , vol. 43, no. 5, pp. 770–782, 2012.	
[9] D. Wang, Z. Xiang, and D. R. Fesenmaier, “Smartphone use in everyday life and travel,” <i>Journal of Travel Research</i> , vol. 55, no. 1, pp. 52–63, 2016.	
[10] M. H. Birnbaum, “Human research and data collection via the	



internet,” Annual Review of Psychology, vol. 55, pp. 803–832, 2004.	
[11] S. Dufau, J. A. Dunabeitia, C. Moret-Tatay et al., “Smart phone, smart science: how the use of smartphones can revolutionize research in cognitive science,” PLoS ONE, vol. 6, no. 9, Article ID e24974, 2011.	
[12] H. Knapp and S. A. Kirk, “Using pencil and paper, Internet and touch-tone phones for self-administered surveys: does methodology matter?” Computers in Human Behavior, vol. 19, no. 1, pp. 117–134, 2003.	
[13] M. Csikszentmihalyi and J. LeFevre, “Optimal experience in work and leisure,” Journal of Personality and Social Psychology, vol. 56, no. 5, pp. 815–822, 1989.	
[14] J. Schobel, M. Ruf-Leuschner, R. Pryss et al., “A generic questionnaire framework supporting psychological studies with smartphone technologies,” in Proceedings of the 13 Congress of European Society of Traumatic Stress Studies Conference (ESTSS ’13), Bologna, Italy, 2013.	
[15] S. L. Lau and K. David, “Movement recognition using the accelerometer in smartphones,” in Proceedings of the Future Network and Mobile Summit, pp. 1–9, IEEE, Florence, Italy, June 2010.	
[16] F. Gravenhorst, A. Muaremi, G. Troster, B. Arnrich, and A. Gruenerbl, “Towards a mobile galvanic skin response measurement system for mentally disordered patients,” in Proceedings of the 8th International Conference on Body Area Networks, pp. 432–435, ICST (Institute for Computer Sciences, SocialInformatics and Telecommunications Engineering), Brussels, Belgium, 2010.	
[17] M. J. Gregoski, M. Mueller, A. Vertegel et al., “Development and validation of a smartphone heart rate acquisition application for health promotion and wellness telehealth applications,” International Journal of Telemedicine and Applications, vol. 2012, Article ID 696324, 7 pages, 2012.	
[18] S. Kwon, H. Kim, and K. S. Park, “Validation of heart rate extraction using video imaging on a built-in camera system of a smartphone,” in Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC ’12), pp. 2174–2177, IEEE, San Diego, Calif, USA, AugustSeptember 2012.	
[19] F. Ben Abdesslem, A. Phillips, and T. Henderson, “Less is more: energy-efficient mobile sensing with senseless,” in Proceedings of the	

1st ACM Workshop on Networking, Systems, and Applications for Mobile Handhelds (MobiHeld '09), pp. 61–62, ACM, Barcelona, Spain, 2009.	
[20] C. Montag, K. Błaszczewicz, B. Lachmann et al., “Correlating personality and actual phone usage,” <i>Journal of Individual Differences</i> , vol. 35, no. 3, pp. 158–165, 2014.	
[21] J. Wideberg, P. Luque, and D. Mantaras, “A smartphone application to extract safety and environmental related information from the OBD-II interface of a car,” <i>International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing</i> , vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2012.	
[22] M. Kosinski, Y. Bachrach, P. Kohli, D. Stillwell, and T. Graepel, “Manifestations of user personality in website choice and behaviour on online social networks,” <i>Machine Learning</i> , vol. 95, no. 3, pp. 357–380, 2014.	
[23] W. W. Moe, “Buying, searching, or browsing: differentiating between online shoppers using in-store navigational clickstream,” <i>Journal of Consumer Psychology</i> , vol. 13, no. 1-2, pp. 29– 39, 2003.	
[24] D. A. Johnson and M. M. Trivedi, “Driving style recognition using a smartphone as a sensor platform,” in <i>Proceedings of the 14th IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC '11)</i> , pp. 1609–1615, IEEE, Washington, DC, USA, October 2011.	
[25] K. O'Hara and N. Shadbolt, <i>The Spy in the Coffee Machine: The End of Privacy As We Know It</i> , Oneworld Publications, Oxford, UK, 2014.	
[26] M. Weiser, “The computer for the 21st century,” <i>Scientific American</i> , vol. 265, no. 3, pp. 94–104, 1991.	
[27] J. RiThin, <i>The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World</i> , Palgrave Macmillan, New York, NY, USA, 2011.	
[28] J. RiThin, <i>The Zero Marginal Cost Society: The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism</i> , Palgrave Macmillan, New York, NY, USA, 2014.	
[29] E. Brynjolfsson and A. McAfee, <i>The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies</i> , W.W. Norton Company, New York, NY, USA, 2014.	

[30] M. Kuroiwa, P. Xin, S. Suzuki, Y. Sasazawa, T. Kawada, and Y. Tamura, "Habituation of sleep to road traffic noise observed not by polygraphy but by perception," <i>Journal of Sound and Vibration</i> , vol. 250, no. 1, pp. 101–106, 2002.	
[31] A. Smith, "The concept of noise sensitivity: implications for noise control," <i>Noise and Health</i> , vol. 5, no. 18, pp. 57–59, 2003.	
[32] D. Ashbrook and T. Starner, "Using GPS to learn significant locations and predict movement across multiple users," <i>Personal and Ubiquitous Computing</i> , vol. 7, no. 5, pp. 275–286, 2003.	
[33] F. Yakoub, M. K. Y. Zein, A. Adl, and A. E. Hassanien, "Predicting personality traits and social context based on mining the smartphones SMS data," in <i>Intelligent Data Analysis and Applications</i> , A. Abraham, X. Jiang, V. Sna'sel, and J. S. Pan, Eds., pp. 511–521, Springer, Cham, Switzerland, 2015.	
[34] Statista.com, Number of Smartphone Users Worldwide from 2012 to 2018 (In Billions), 2015, <a href="http://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/">http://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/</a> .	
[35] G. Miller, "The smartphone psychology manifesto," <i>Perspectives on Psychological Science</i> , vol. 7, no. 3, pp. 221–237, 2012.	
[36] S. Sagioglu and D. Sinanc, "Big data: a review," in <i>Proceedings of the International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS '13)</i> , pp. 42–47, IEEE, San Diego, Calif, USA, May 2013.	
[37] R. W. Picard, <i>Affective Computing</i> , MIT Press, Cambridge, Mass, USA, 2000.	
[38] P. Petta, C. Pelachaud, and R. Cowie, <i>Emotion-Oriented Systems: The Humaine Handbook</i> , Springer, Cham, Switzerland, 2011.	
[39] C. Montag, C. Kannen, B. Lachmann et al., "The importance of analogue zeitgebers to reduce digital addictive tendencies in the 21st century," <i>Addictive Behaviors Reports</i> , vol. 2, pp. 23–27, 2015.	
[40] D. Quercia, M. Kosinski, D. Stillwell, and J. Crowcroft, "Our Twitter profiles, our selves: predicting personality with Twitter," in <i>Proceedings of the IEEE 3rd International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust and IEEE 3rd International Conference on Social Computing (PASSAT-SocialCom '11)</i> , pp. 180–185, Boston, Mass, USA, October 2011.	
[41] S. B. G. Eysenck and H. J. Eysenck, "The place of impulsiveness in a dimensional system of personality description," <i>British Journal of</i>	

Social and Clinical Psychology, vol. 16, no. 1, pp. 57–68, 1977.	
[42] R. E. Lucas, E. Diener, A. Grob, E. M. Suh, and L. Shao, “Crosscultural evidence for the fundamental features of extraversion,” <i>Journal of Personality and Social Psychology</i> , vol. 79, no. 3, pp. 452–468, 2000.	
[43] G. N. Marshall, C. B. Wortman, J. W. Kusulas, L. K. Hervig, and R. R. Vickers Jr., “Distinguishing optimism from pessimism: relations to fundamental dimensions of mood and personality,” <i>Journal of Personality and Social Psychology</i> , vol. 62, no. 6, pp. 1067–1074, 1992.	
[44] L. Qiu, H. Lin, J. Ramsay, and F. Yang, “You are what you tweet: personality expression and perception on Twitter,” <i>Journal of Research in Personality</i> , vol. 46, no. 6, pp. 710–718, 2012.	
[45] W. G. Graziano and R. M. Tobin, “Agreeableness,” in <i>Handbook of Individual Differences in Social Behavior</i> , M. R. Leary and R. H. Hoyle, Eds., pp. 46–61, Guilford Press, New York, NY, USA, 2009.	
[46] S. Bai, B. Hao, A. Li, S. Yuan, R. Gao, and T. Zhu, “Predicting big five personality traits of microblog users,” in <i>Proceedings of the 12th IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI ’13) and Intelligent Agent Technologies (IAT ’13)</i> , vol. 1, pp. 501–508, Atlanta, Ga, USA, November 2013.	
[47] G. Chittaranjan, J. Blom, and D. Gatica-Perez, “Mining largescale smartphone data for personality studies,” <i>Personal and Ubiquitous Computing</i> , vol. 17, no. 3, pp. 433–450, 2013.	
[48] C. Montag, K. Błaszczewicz, R. Sariyska et al., “Smartphone usage in the 21st century: who is active on WhatsApp?” <i>BMC Research Notes</i> , vol. 8, no. 1, article 331, 2015.	
[49] C. Montag, K. Blaszkiewicz, B. Lachmann et al., “Recorded behavior as a valuable resource for diagnostics in mobile phone addiction: evidence from psychoinformatics,” <i>Behavioral Sciences</i> , vol. 5, no. 4, pp. 434–442, 2015.	
[50] G. Riva, T. Teruzzi, and L. Anolli, “The use of the internet in psychological research: comparison of online and offline questionnaires,” <i>Cyberpsychology and Behavior</i> , vol. 6, no. 1, pp. 73–80, 2003.	
[51] T. Imkamon, P. Saensom, P. Tangamchit, and P. Pongpaibool, “Detection of hazardous driving behavior using fuzzy logic,” in <i>Proceedings of the 5th International Conference on Electrical</i>	

Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON '08), pp. 657–660, IEEE, May 2008.	
[52] I. Han and K. S. Yang, “Characteristic analysis for cognition of dangerous driving using automobile black boxes,” <i>International Journal of Automotive Technology</i> , vol. 10, no. 5, pp. 597–605, 2009.	
[53] S. Luo, J. S. Jin, and J. Li, “A smart fridge with an ability to enhance health and enable better nutrition,” <i>International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering</i> , vol. 4, no. 2, pp. 66–80, 2009.	
[54] D. Franks, <i>Neurosociology: The Nexus between Neuroscience and Social Psychology</i> , Springer Science & Business Media, Berlin, Germany, 2010.	
[55] G. Piccinini and C. Craver, “Integrating psychology and neuroscience: functional analyses as mechanism sketches,” <i>Synthese</i> , vol. 183, no. 3, pp. 283–311, 2011.	
[56] K. R. Scherer, “Neuroscience projections to current debates in emotion psychology,” <i>Cognition &amp; Emotion</i> , vol. 7, no. 1, pp. 1–41, 1993.	
[57] W.-Y. Liu, B. Weber, M. Reuter, S. Markett, W.-C. Chu, and C. Montag, “The Big Five of Personality and structural imaging revisited: a VBM—DARTEL Study,” <i>NeuroReport</i> , vol. 24, no. 7, pp. 375–380, 2013.	
[58] C. Montag, M. Reuter, M. Jurkiewicz, S. Markett, and J. Panksepp, “Imaging the structure of the human anxious brain: a review of findings from neuroscientific personality psychology,” <i>Reviews in the Neurosciences</i> , vol. 24, no. 2, pp. 167–190, 2013.	
[59] C. Montag and M. Reuter, “Disentangling the molecular genetic basis of personality: from monoamines to neuropeptides,”	
<i>Neuroscience &amp; Biobehavioral Reviews</i> , vol. 43, pp. 228–239, 2014.	
[60] K. S. Button, J. P. A. Ioannidis, C. Mokrysz et al., “Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience,” <i>Nature Reviews Neuroscience</i> , vol. 14, no. 5, pp. 365–376, 2013.	
[61] C. Montag, M. Jurkiewicz, and M. Reuter, “The role of the catechol-o-methyltransferase (COMT) gene in personality and related psychopathological disorders,” <i>CNS and Neurological Disorders—Drug Targets</i> , vol. 11, no. 3, pp. 236–250, 2012.	

[62] M. L. Kern, J. C. Eichstaedt, H. A. Schwartz et al., “The online social self: an open vocabulary approach to personality,” <i>Assessment</i> , vol. 21, no. 2, pp. 158–169, 2014.	
[63] W. Mischel and Y. Shoda, “A cognitive-affective system theory of personality: reconceptualizing situations, dispositions, dynamics, and invariance in personality structure,” <i>Psychological Review</i> , vol. 102, no. 2, pp. 246–268, 1995.	
[64] K. C. Bickart, C. I. Wright, R. J. Dautoff, B. C. Dickerson, and L. F. Barrett, “Amygdala volume and social network size in humans,” <i>Nature Neuroscience</i> , vol. 14, no. 2, pp. 163–164, 2011.	
[65] S. Schneider, V. Brümmer, H. Carnahan, A. Dubrowski, C. D. Askew, and H. K. Strüder, “What happens to the brain in weightlessness? A first approach by EEG tomography,” <i>NeuroImage</i> , vol. 42, no. 4, pp. 1316–1323, 2008.	
[66] M. De Vos and S. Debener, “Mobile eeg: towards brain activity monitoring during natural action and cognition,” <i>International Journal of Psychophysiology</i> , vol. 91, no. 1, pp. 1–2, 2014.	
[67] M. Schonlau, M. Reuter, J. Schupp et al., “Collecting genetic samples in population wide (Panel) surveys: feasibility, nonresponse and selectivity,” <i>Survey Research Methods</i> , vol. 4, no. 2, pp. 121–126, 2010.	
[68] N. Alexander, Y. Kuepper, A. Schmitz, R. Osinsky, E. Kozyra, and J. Hennig, “Gene–environment interactions predict cortisol responses after acute stress: implications for the etiology of depression,” <i>Psychoneuroendocrinology</i> , vol. 34, no. 9, pp. 1294–1303, 2009.	
[69] A. Caspi and T. E. Moffitt, “Gene–environment interactions in psychiatry: joining forces with neuroscience,” <i>Nature Reviews Neuroscience</i> , vol. 7, no. 7, pp. 583–590, 2006.	
[70] T.-Y. Zhang and M. J. Meaney, “Epigenetics and the environmental regulation of the genome and its function,” <i>Annual Review of Psychology</i> , vol. 61, pp. 439–466, 2010.	
[71] I. Nouretdinov, S. G. Costafreda, A. Gammernan et al., “Machine learning classification with confidence: application of transductive conformal predictors to MRI-based diagnostic and prognostic markers in depression,” <i>NeuroImage</i> , vol. 56, no. 2, pp. 809–813, 2011.	
[72] F. Pereira, T. Mitchell, and M. Botvinick, “Machine learning classifiers and fMRI: a tutorial overview,” <i>NeuroImage</i> , vol. 45, no. 1,	

pp. S199–S209, 2009.	
----------------------	--