

УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА БИОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ЭВМ

Работа за компьютером задействует ряд естественных процессов организма. В ходе решения задачи пользователь обращается к собственной памяти и размышляет (когнитивные процессы), смотрит на экран (визуальный процесс), нажимает клавиши клавиатуры и перемещает по экрану указатель каким-либо устройством-манипулятором (моторные процессы). Соответственно, испытываемые в ходе работы нагрузки делятся на когнитивные, визуальные и моторные. Определение величин нагрузки при работе с конкретным программным обеспечением позволяет определить «узкие места» в эффективности человеко-машинного интерфейса и, как следствие, сформировать набор предложений по его улучшению.

Критерии, которые имеет смысл учитывать при анализе технологий получения информации о физическом состоянии пользователя и соответствующих серийно выпускаемых устройств, можно сформулировать следующим образом:

Удобство эксплуатации: устройство не должно создавать для пользователя дополнительных сложностей и существенно влиять на эффективность его рабочего процесса.

Поддержка информационного обмена: желательно, чтобы устройство позволяло автоматическое считывание данных – в режиме реального времени либо усредненные характеристики за заданный период времени; с учетом необходимости обработки поступающих данных, целесообразен выбор устройств, предоставляющих исходные коды программ считывания информации или хотя бы открытый API доступа к устройству.

К числу параметров организма, измеряемых доступными на рынке устройствами, можно отнести следующие категории:

- электрическая проводимость кожи;
- ритмы электроэнцефалограммы;
- сердечный ритм;
- кинематическая активность.

Электрическая проводимость кожи варьируется в зависимости от ее влажности, которая в свою очередь обеспечивается потовыми железами, контролируемыми симпатической нервной системой [1]. По этой причине электропроводность часто используется как показатель психологического или физиологического возбуждения. Болезненные стимулы (например, досада) вызывают симпатический отклик, приводящий к увеличению секреции потовых желез. Хотя это увеличение обычно очень незначительное, пот обладает электролитическими свойствами, вследствие чего увеличивается электрическая проводимость кожи. Эта особенность широко используется в психологических исследованиях, благодаря дешевизне и сравнительно высокой эффективности, в тех задачах, где не требуется отклик в реальном масштабе времени (задержка между воздействием и изменением электропроводности кожи составляет от 1 до 3 секунд). Однако внешние факторы, такие как температура и влажность, заметно влияют на результаты измерений, ухудшая согласованность результатов. Аналогичным образом обстоит дело с внутренними факторами, такими как воздействие принятых медикаментов. Отклик на одни и те же уровни воздействия может существенно различаться. По этой причине изменения электропроводности кожи обычно используются совместно с регистрацией других показателей, таких как сердечный ритм, частота дыхательных движений, кровяное давление.

Электронцефалограмма (ЭЭГ) отображает колебательные электрические процессы, которые регистрируются при помощи электронцефалографа при размещении его электродов на поверхности скальпа, и представляет собой результат электрической суммации и фильтрации элементарных процессов в нейронах [2]. Для выделения на ЭЭГ значимых признаков ее подвергают анализу. Основными понятиями, на которые опирается характеристика ЭЭГ, являются: средняя частота колебаний, их максимальная амплитуда и фаза, а также различия кривых ЭЭГ на разных каналах и их временная динамика.

Частота является одной из основных характеристик ЭЭГ. Для упрощения восприятия оператором при визуальном анализе ЭЭГ была принята классификация частот по некоторым основным диапазонам, которым присвоены названия букв греческого алфавита (α – 8-13 Гц, β – 14-40 Гц, θ – 4-8 Гц, δ – 0,5-3 Гц, γ – выше 40 Гц, и др.). В зависимости от частотного диапазона, но также и от амплитуды, формы волны, топографии и типа реакции, различают ритмы ЭЭГ, которые также обозначают греческими буквами (альфа-ритм, бета-ритм, гамма-ритм, дельта-ритм, тета-ритм, каппа-ритм, мю-ритм, сигма-ритм и др.) Считается, что каждый такой «ритм» соответствует некоторому определенному состоянию мозга и связан с определенными церебральными механизмами. Соответственно соотношения ритмов в мозговой активности позволяют судить об эмоциональном состоянии пользователя и, в какой-то степени, о ходе когнитивных процессов.

Частота пульса – величина, отражающая число колебаний стенок артерии за единицу времени.

При физической нагрузке, изменении эмоционального состояния частота пульса увеличивается, т. к. организм стандартно реагирует на требование органов и тканям повышенного кровоснабжения увеличением сердечных сокращений.

В результате проведенного информационного поиска были рассмотрены следующие устройства мониторинга активности пользователя.

1. *Устройства GoWear/SenseWear фирмы BodyMedia* измеряют температура и электропроводность кожи, а также регистрируется кинематическая активность с помощью встроенного акселерометра.

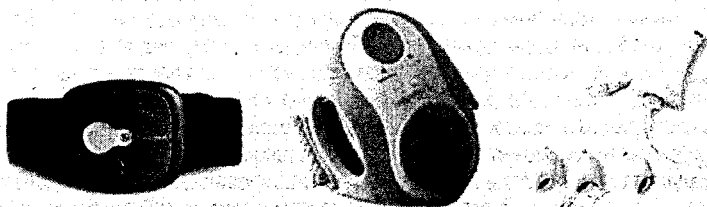


Рисунок 1 – Устройства GoWear, SenseWear и IOM

Стоимость различается от 160\$ (GoWear) до 2500\$ (SenseWear). Для GoWear, видимо, нет комплекта разработчика (SDK) или какого-либо другого способа автоматически получать данные с устройства. SenseWear может поставляться в комплекте с профессиональным ПО, с наценкой в 1000\$. Таким образом, данные устройства либо не имеют средств обмена данными, либо отличаются существенной дороговизной.

2. *Устройство IOM фирмы Wild Divine* позволяет измерять электропроводность кожи и сердечный ритм. Стоимость составляет 330\$. К числу достоинств устройства можно отнести неинвазивность для пользователя (т. е. на кожу не оказывается никакого воздействия с помощью игл и т. п.). Интерфейс передачи данных является проводным, и, после подписания соглашения о неразглашении коммерческой информации, фирма-

разработчик предоставляет доступ к SDK, что в свою очередь позволяет создавать закрытые программные модули, считывающие в реальном масштабе времени информацию с устройства.

3. Энцефалограф *MindSet* фирмы *NeuroSky* оснащен единственным датчиком с запатентованной технологией сухого контакта, измеряющим электрическую активность головного мозга. Стоимость устройства составляет 200\$. К числу его достоинств можно отнести беспроводное соединение через Bluetooth, а также наличие SDK, позволяющего реализовать обмен данными с собственным приложением. К числу недостатков относится сравнительно большой интервал между измерениями, который составляет 1 секунду.

Помимо *MindSet* у фирмы *NeuroSky* существует также устройство *MindWave*, представляющее собой аналог, отличающийся вдвое меньшей ценой, отсутствием аудиогарнитуры и, как следствие, большей надежностью подключения одного из датчиков (зажим вместо контактной площадки).



Рисунок 2 – Энцефалографы *NeuroSky Mindset* и *Emotiv EPOC*

4. Энцефалограф *EPOC* фирмы *Emotiv Systems* представляет собой более сложный энцефалограф, ориентированный в т. ч. и на исследовательское применение: помимо 16 датчиков электрической активности он обладает также встроенным гироскопом для отслеживания кинематической активности. Стоимость устройства составляет 500\$. Соединение с ПК также осуществляется по беспроводному интерфейсу Bluetooth. Данные по большей части обновляются четыре раза в секунду. К числу недостатков необходимо отнести сложность обеспечения контакта датчиков устройства после его закрепления на голове пользователя: процедура подгонки занимает порядка 10 минут, а сами датчики требуют использования жидкостного (гелевого) контакта. Однако компенсацией перечисленных недостатков может служить широкий спектр показателей, автоматически снимаемых устройством. Среди них такие как: детектирование в режиме реального времени морганий, подмигиваний правым/левым глазом, горизонтальных быстрых перемещений взгляда влево/вправо, поднятия бровей, возбуждение (краткосрочное и долгосрочное), увлеченность/скука, медитация, фрустрация, ритмы ЭЭГ и др.

5. *ProComp on Thought Technology* построен по модульному принципу. Для использования требуется блок кодера и датчики. Кодер может быть двухканальным (1700\$; позволяет подключить два датчика), 5-канальным (3000\$) либо 10-канальным (6000\$). Стоимость одного датчика находится в диапазоне 200\$-300\$.

Датчики позволяют получать электроэнцефалограмму, электромиограмму, электрокардиограмму, измерять пульс, электропроводность кожи, частоту дыхания, температуру, мышечное усилие и др. Таким образом, минимальная конфигурация устройства с датчиком температуры и электропроводности кожи обойдется в 2300\$. Устройство обеспечивает обмен данными в режиме реального времени, при покупке аппаратного обеспечения предоставляется SDK и API.

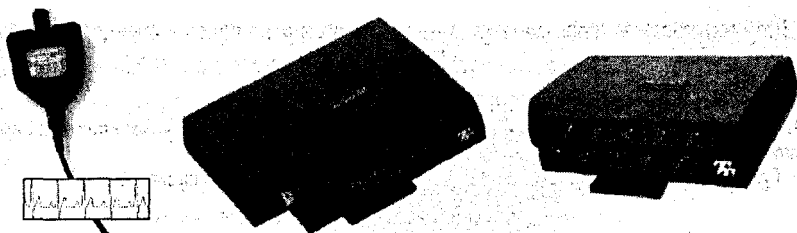


Рисунок 3 – ProComp om Thought Technology

6. Стоимость GSR/Temp2 om Thought Technology – 160\$ и, таким образом, он является более доступным по цене устройством. К нему существует стороннее ПО, разработанное фирмой Veound VR и доступное к приобретению за 75\$. Устройство оснащено датчиком температуры и электропроводности кожи.

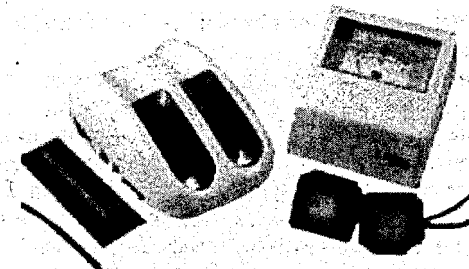


Рисунок 4 – GSR/Temp2 om Thought Technology

7. Пульсометры или мониторы сердечного ритма (частоты сердечных сокращений, ЧСС) – устройства персонального мониторинга частоты сокращений сердца в реальном времени и/или записи его для последующего исследования. Широко используются в тренировках и соревнованиях любителями и спортсменами циклических видов спорта, таких как беговые виды легкой атлетики, лыжные гонки, велоспорт, плавание. Соответственно, рынок насыщен устройствами различных производителей, обладающими схожим функционалом и имеющими цену менее 100\$. Эти устройства обычно состоят из двух элементов: нагрудного ремня-датчика и приемника на запястье или мобильного телефона. Для получения хорошего контакта электроды датчика смачиваются водой или специальным гелем. Более продвинутые модели пульсометров предлагают измерение среднего и максимального пульса, интенсивности и частоты дыхания для оценки параметров, связанных с фитнес-тренировкой; память круговых тренировок. По способу измерения датчики делятся на следующие категории:

- Нагрудный датчик – самый точный способ определения пульса. Крепится на груди с помощью специального ремня, имеет автономный источник питания, запускаемый при появлении пульса. Обычно передает сигнал на расстояние до 70 см в наручные часы-приемник.

- Пульсометры без нагрудного датчика в настоящее время позволяют определить пульс, коснувшись двух электродов на корпусе пульсометра в течение нескольких секунд. Данные приборы популярны из-за удобства и простоты использования, хотя и не дают такой же высокой точности, как пульсометры, которые используют нагрудный датчик.

- Датчик пульсации крови одевается на мочку уха или на палец и определяет пульс по пульсации крови в тканях.

Список цитированных источников

1. Martini, F. Essentials of Anatomy & Physiology / F. Martini, E. Bartholomew. – San Francisco: Benjamin Cummings, 2003. – P. 267
2. Гусельников, В.И. Электрофизиология головного мозга. – М: Высшая школа, 1976.

УДК 538.9:546.87:537.63

Якимович К.С.

Научный руководитель: доцент Пинчук А.И.

МИКРОИНДЕНТИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ СУРЬМЫ В УСЛОВИЯХ ПРИЛОЖЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Введение. В последнее десятилетие активно ведутся исследования по магнитопластичности диамагнитных материалов [1].

Инструментальные эффекты, возникающие при подведении магнитного поля (МП) к образцу, могут быть разделены на две группы: искажение магнитного потока ферромагнитными деталями оборудования и действие сил максвелловских напряжений. Последние приводят к дополнительному механическому давлению на индентор в условиях градиента МП на верхнем срезе зазора сердечника электромагнита. В этой области линии МП выпуклы наружу. В результате возникает сила, вектор которой направлен в область более сильного МП, т.е. в область зазора сердечника электромагнита. Появляется дополнительная по отношению к силе тяжести грузов, расположенных на штоке микротвердомера, сила, удельная величина которой может быть найдена по формуле:

$$f = -\frac{1}{2} \frac{\mu - 1}{\mu_0} \frac{\partial B^2}{\partial z},$$

где μ – коэффициент магнитной проницаемости деталей нагрузочного узла, z – координата на оси, перпендикулярной индентируемой поверхности образца. С целью устранения этих инструментальных эффектов, все детали установки и нагрузочного узла микротвердомера (грузы, оправка алмазной пирамидки и др.) изготовлялись из диамагнитных металлов. С целью избежания искажений МП стальным предметным столиком микротвердомера (в данном случае происходит своего рода эффект магнитной «экранировки»), образец и нижний срез сердечника электромагнита располагались на достаточно большой высоте от столика (10-15 см).

Целью исследований было выявление формы отпечатков алмазного индентора на плоскости спайности (111) кристаллов сурьмы при воздействии на образцы постоянного МП.

Форма отпечатков индентора. Приложение постоянного магнитного поля к кристаллам типа висмута (сурьма), интенсифицирует процесс пластической деформации, в пользу чего свидетельствует увеличение средней длины отпечатка индентора в МП. Форма отпечатков алмазного индентора, которая в отсутствии магнитного поля является прямоугольной (рис. 1), в МП становится выпуклой (округлой) (рис. 2).

Выпуклые стороны отпечатков алмазной пирамиды с квадратным основанием свидетельствуют в пользу активности навалых плоскостей скольжения, по которым происходит смещение материала вверх. Возникновение навалов выдавленного материала,