

УДК 004.81

Управление когнитивной нагрузкой в производственных информационных системах: нейроэргономический подход и метрики

Чечнев Василий Борисович

gegrev@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлена теоретическая рамка оценки и управления когнитивной нагрузкой пользователя в производственных информационных системах для планирования загрузки персонала. Предлагается мультимодальный подход, сочетающий физиологические показатели и поведенческие признаки взаимодействия. Формулируется интегральный индекс когнитивной нагрузки пользователя и контур адаптаций интерфейса при признаках перегрузки. В результате использования предлагаемого подхода ожидается умеренное снижение физиологических маркеров нагрузки и частоты ошибок при корректной калибровке индекса. Данная работа может быть использована при проектировании когнитивно-ориентированных пользовательских интерфейсов информационных систем.

Ключевые слова: нейроэргономика, когнитивная нагрузка, пупиллометрия, вариабельность сердечного ритма, информационные системы, поддержка принятия решений, планирование загрузки персонала

Введение. Цифровизация производственных процессов предъявляет повышенные требования к устойчивости внимания и качеству принятия решений в информационных системах планирования загрузки персонала. Ручные расчеты в электронных таблицах создают избыточную внешнюю когнитивную нагрузку (КН), так как пользователю приходится тратить значительную часть времени на сбор и подготовку первичных данных. Возрастает и внутренняя КН, так как в процессе планирования необходимо учитывать большое число различных ограничений и критериев корректности разрабатываемого варианта плана. Это ведет к когнитивным перегрузкам, а, следовательно, к росту времени на выполнение задач, числу ошибок и снижению «смысловой» обработки результатов [1]. Одним из шагов к решению данной проблемы является разработка мультимодального подхода с интегральным индексом КН, позволяющим измерять и регулировать с помощью контура адаптации интерфейса когнитивные перегрузки.

Методы и материалы; результаты. Рассматривается система поддержки принятия решений (СППР), которая заменяет ручные операции пошаговой обработкой с многокритериальной оценкой альтернатив. Контур измерений КН включает в себя следующие блоки:

Пупиллометрию как быстрый индикатор когнитивных усилий: фиксируется базовый уровень при стабильной освещенности и контрасте экрана, по-

сле этого в процессе выполнения задач оценивается задача-обусловленный мидриаз зрачка относительно базовых параметров [2, 3].

Вариабельность сердечного ритма (ВРС) как фоновый индикатор регуляции: рассчитываются стандартное отклонение интервалов между нормальными ударами сердца и корень из среднего квадрата разностей соседних интервалов между нормальными ударами сердца на окнах, обеспечивающих надежность оценки, с контролем позы, дыхания и артефактов [4].

Поведенческие признаки взаимодействия: длительность этапов, число исправлений, частота обращений к подсказкам.

Интегральный индекс нагрузки предлагается задавать с помощью линейной свертки критериев:

$$I = w_z Z_{\text{зрачок}} + w_v Z_{\text{вариабельность}} + w_p Z_{\text{поведение}}, w_z + w_v + w_p = 1,$$

где $Z_{\text{зрачок}}$ — стандартизованный задача-обусловленный мидриаз зрачка, $Z_{\text{вариабельность}}$ — инвертированная стандартизованная метрика ВРС, монотонно возрастающая при увеличении КН, $Z_{\text{поведение}}$ — единая поведенческая метрика, веса w_z, w_v, w_p определяются регрессией по калибровочным сценариям. Правила адаптации формулируются через пороги индекса: при повышении — сегментация этапов, упрощение графики и добавление контекстных подсказок, а при стабильно низком значении — поэтапное уменьшение внешней поддержки пользователя.

Заключение. Предложенный подход объединяет доступные физиологические и поведенческие показатели в интегральный индекс и задает управляемые правила адаптации интерфейса, что позволяет целенаправленно снижать избыточную внешнюю нагрузку в производственных СППР и повышать эффективность выполнения задач.

Список источников

- [1] Sweller J. Cognitive Load Theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 2011, no. 55, pp. 37–76. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- [2] Kahneman D., Beatty J. Pupil Diameter and Load on Memory. *Science*, 1966, no. 3756, pp. 1583–1585. <https://doi.org/10.1126/science.154.3756.1583>
- [3] Van der Wel P., van Steenbergen H. Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks. *Psychonomic Bulletin Review*, 2018, no. 25, pp. 2005–2015. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1432-y>
- [4] Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*, 2001, № 3, с. 108–127.