

Гучук Владимир Всеволодович,
кандидат технических наук,
Институт проблем управления РАН

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТАТИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ ЧЕЛОВЕКОМ-ОПЕРАТОРОМ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. В работе изложены результаты экспериментов по изучению деятельности человека-оператора по настройке параметров в интерактивных системах управления. Описаны выявленные особенности настроечной деятельности и ее тенденции при изменении предлагаемых задач настройки.

Ключевые слова: Процесс настройки, показатель качества настройки, тактика настройки, эффекты.

Исследованию работы человека-оператора в интерактивных системах управления и мониторинга посвящено большое число работ, включая как комплексное рассмотрение его деятельности, психологию восприятия пользовательских интерфейсов, психофизиологические аспекты взаимодействия с программно-аппаратными средствами и т.д. [1, 2], так и анализ конкретных количественных показателей функционирования человека как одного из звеньев в системе управления [3, 4]. Объективная оценка возможностей человека позволяет создавать более эффективные системы [5], помогает повысить безопасность функционирования интерактивных систем управления сложными объектами [6], способствует большей работоспособности человека-оператора [7]. При этом существуют менее учитываемые особенности деятельности человека-оператора, не связанные со скоростными показателями сенсомоторных реакций, с динамикой решения задач в быстро меняющихся условиях и т.п.

В практике широко распространены задачи настройки сложных систем, показатель качества настройки (ПКН) Q которых функционально зависит от настраиваемых параметров C_i [8, 9]. Эффективность многих систем непосредственно зависит от успешного решения этих задач. Знание характеристик и особенностей поведения оператора в процессах настройки (ПН) может позволить более успешно разрабатывать технологию взаимодействия человека и программно-аппаратных комплексов. В работе приводятся результаты проведенных автором экспериментов по изучению ПН по скалярному ПКН в режиме пошаговой настройки. Значения C_i параметров задавались положениями движков потенциометров на пульте управления. Функции Q_j были либо с одним, либо с двумя – тремя максимумами.

При изучении диаграмм для одного настраиваемого параметра было обнаружено, что для поиска глобального экстремума операторы пользовались по крайней мере двумя тактиками, которые условно можно назвать “установка” и “следающее движение”. В ПН, построенном на использовании тактики “установка”, распределение проб (точек определения Q) не зависит от локальных особенностей ПКН. Эта тактика направлена на выяснение глобальных особенностей ПКН путем задания нескольких (4 – 7) значений параметра, достаточно равномерно расположенных по всему его диапазону. Осуществляется нахождение предпочтительного участка для поиска глобального максимума, а затем – установка параметра в предполагаемую (при наличии такой информации) или в найденную (предпочтительную) зону максимума. Для тактики “следающее движение” характерно движение по параметру, связанное в основном с локальными особенностями Q . Эта тактика направлена на последовательное изучение области определения ПКН. Примеры зависимости ПКН Q от значений параметра C изображены на рис. 1а и 1д.



Соответствующие им ПН, использующие первую тактику, представлены на рис. 1b и 1e, использующие вторую тактику, представлены на рис. 1c и 1f. Диаграммы ПН представлены в координатах “номер шага” m и “значение параметра” C . Тактике “следящее движение” присущи следующие два наиболее устойчивых эффекта в настроечных действиях операторов.

В зоне с положительными (согласно направлению движения) значениями приращений Q на каждом шаге слежение за локальными особенностями проявляется в тенденции к уменьшению длины шага ΔC (соответствующие зоны на рис. 1c, 1f). Внешне адекватной ПН является кусочно-степенная аппроксимация зависимости $\Delta C(m)$. Слежение за локальными особенностями Q проявляется в тенденции к уменьшению длины шага до тех пор, пока положительна величина ΔQ . При этом характерна нерегулярность уменьшения длин шагов. На процесс их уменьшения накладываются скачкообразные увеличения, часто связанные с заметным увеличением значения $\Delta Q/\Delta C$ на предыдущем шаге по сравнению с предшествующими шагами.

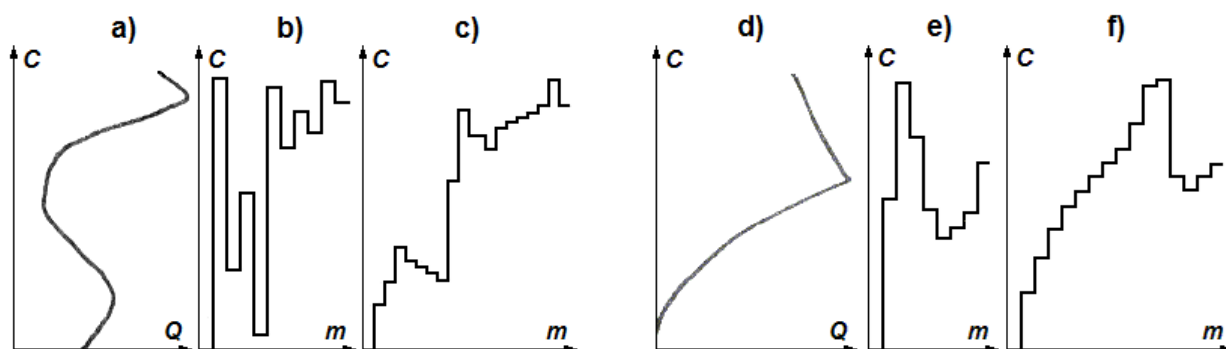


Рис. 1. Однопараметрическая настройка.

На рис. 2a представлен ПН в зоне с положительными значениями ΔQ в координатах “номер шага” m и “длина шага” ΔC , аппроксимированный кусочно-степенной функцией. Для отдельного участка $\Delta C_m = k m^a$, где m – номер шага, k – масштабный коэффициент, показатель a отрицателен и по модулю меньше единицы. Обычно $|a|=0,8-0,9$. Число точек в каждом отдельно аппроксимированном куске не превышает, как правило, четырех.

Пример влияния величины $\Delta Q_m/\Delta C_m$ на длину $(m+1)$ -го шага относительно длины m -го шага показан на рис. 2b. Обнаруженный эффект слежения присущ адаптивным алгоритмам поиска в автоматических системах [10], где он заранее программируется в случае наличия априорной информации о характере изменения показателя Q при приближении к максимуму. Причем изменение длины шага определяется в первую очередь изменением скорости роста ПН.

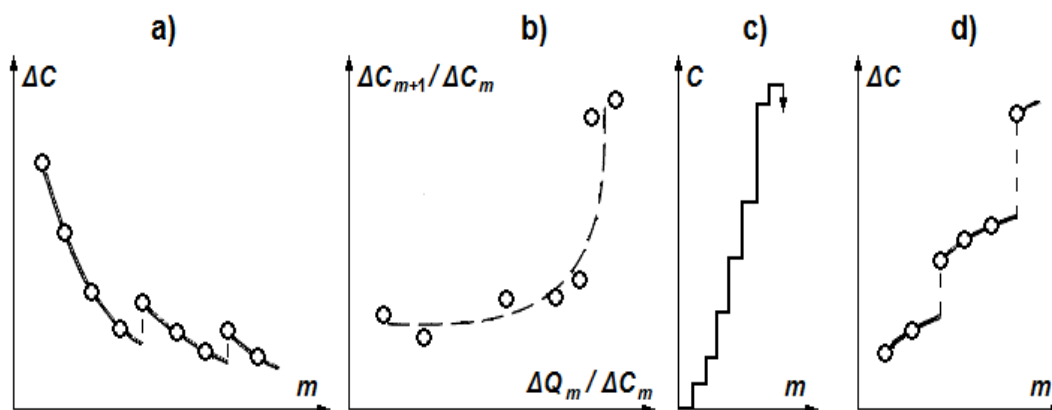


Рис. 2. ПН в зоне с положительными приращениями ПН.



В зоне с отрицательными значениями приращений Q наблюдается обратный эффект – заметное последовательное увеличение длины шагов (соответствующие зоны на рис. 1с и 1f). Наиболее рациональным оказался ПН, построенный на использовании тактики “установка”, в котором оператор более или менее равномерно распределял несколько (4 – 7) проб по всему диапазону значений параметра, выделяя затем достаточно небольшой предпочтительный участок для поиска глобального максимума (рис. 1b и 1e).

Была выявлена тенденция к относительному увеличению в ПН длин шагов, т. е. в среднем длина шага в конце ПН несколько больше, чем в начале при прочих равных условиях. Эффект проверялся на “ложной” настройке. Оператору в одном из экспериментов предлагалось настроить систему, для которой влияние изменения параметра на ПKN было уменьшено настолько, что еще ощущалась некоторая связь ПKN Q с C , но уже нельзя было выделить достаточно предпочтительных значений (или областей) настраиваемого параметра. В этих условиях наблюдалось увеличение длины шагов до 5 раз по сравнению с начальными шагами (рис. 2с). Зависимость длины m -го шага от его номера можно аппроксимировать кусочно-степенной функцией (рис. 2d). Для отдельного участка $\Delta C_m = k m^\gamma$, где ΔC_m – длина m -го шага, а показатель γ положителен и меньше единицы (в приведенном примере $k = 15$, $\gamma = 0,75$).

Общей характеристикой двумерных процессов настройки является определенная осторожность настроечных действий оператора. Это свидетельствует о сложности задачи, которая определяется, прежде всего, необходимостью запоминания большого числа сочетаний значений параметров и соответствующих значений ПKN.

По выполняемым задачам в процессе настройки часто можно выделить три этапа. Первый этап хорошо интерпретируется как этап выработки для нескольких зон в поле параметров обобщающих оценок ПKN. Второй – как выбор определенной, по возможности минимальной зоны. Третий этап – настройка системы при использовании значений параметров, располагаемых преимущественно в выбранной на предыдущих этапах зоне. Характерно следующее распределение числа шагов по этапам. Этап 1 – менее 30 % всех шагов, этап 2 – около 40 % и этап 3 – более 30 %. Однако такое структурирование процесса (разделение его на три этапа) характерно не для всех ПН. Нередко используется последовательная (по координатам) настройка – настраивается первый параметр, затем второй, после чего вновь первый параметр и т.д. Такая настройка требует около 28 – 35 шагов. Для такого типа настройки характерна привязанность к зоне первого найденного экстремума. Если несколько пробных движений в поле параметров не приносят успеха, и процесс останавливается в данной зоне, не всегда являющейся зоной глобального экстремума. Хотя структурирование не приводит к заметному улучшению качества настройки, число шагов при этом сокращается до 12 – 24. Число шагов, за которое операторы определяли отсутствие удовлетворительного решения задачи, практически всегда превышало среднее число шагов, используемых для настройки.

Из анализа записей в журнале экспериментов следует, что в большинстве случаев операторы не могли определить независимость параметров (соответственно не используя этот факт в ПН), затруднялись дать даже приблизительную оценку величины зоны найденного экстремума, а оценки числа экстремумов в поле параметров, как правило, не совпадали с их истинным числом. Для настройки систем с большим числом параметров операторами используются дополнительные приемы – ранжирование параметров по важности их изменений для увеличения ПKN (с соответственно большим или меньшим числом обращений к этим параметрам) и разделение параметров на некоторое число групп (с последующей настройкой последовательно по группам и одновременно внутри каждой группы параметров). Однако сложность запоминания большого числа последовательных наборов данных и невозможность ориентации в многомерном пространстве параметров заметно снижают эффективность такого рода приемов. Приближенную оценку максимального числа шагов,



которое используется для настройки системы с n параметрами и скалярным ПКН, дает неравенство $k_n \leq 2^{n-1} k_1$, где k_1 – число шагов, используемое для настройки системы с одним управляемым параметром. При дальнейшем увеличении числа настраиваемых параметров медленный рост числа шагов связан со все менее регулярной проверкой значений ПКН. Качество настройки ухудшается и более подвержено случайным факторам

Список литературы:

1. Кроль В.М., Виха М.В. Психофизиология. – М.: Кнорус, 2023. – 512с.
2. Стрелков Ю.К. Инженерная и профессиональная психология. – М.: Академия, 2001. – 360с.
3. Воронин В.М. Психология решения оперативных задач в больших системах. Диагностика функционального состояния и обучение операторов. – Екатеринбург: УрГУПС, 2016. – 249с.
4. Каменская В.Г., Томанов Л.В., Деханова И.М. Скоростные и стохастические показатели сенсомоторных реакций на динамически организованные зрительные и акустические стимулы // Психологический журнал. 2011, № 3. – С. 128-136.
5. Корнилова Т.В. Психология выбора как мыслительное и личностное опосредствование преодоления неопределенности // Психологический журнал. 2016, № 3. – С. 113-124.
6. Guchuk V.V. Applied aspects of the organization of an interactive mode for increasing the security of functioning of control systems of complicated objects // European Science. 2018, № 1. – P.18-21.
7. Дорофеюк А.А., Гучук В.В., Десова А.А., Дорофеюк Ю.А. Оценка работоспособности человека-оператора по информации из пульсового сигнала лучевой артерии / Материалы конференции “Управление в интеллектуальных, эргатических и организационных системах”. – Таганрог: НИИ МВС ЮФУ, 2013. – С. 173-175.
8. Джофрион А., Дайер Дж., Файнберг А. Решение задач оптимизации при многих критериях на основе человеко-машинных процедур. В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир, 1976. – С.126-145.
9. Чепиков Э.В. Поиск стратегий поведения человека-оператора в ходе проведения эксперимента // Известия ЮФУ. Т. 45. 2005, № 1. – С.198-202.
10. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – 392с.

