

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

Капцевич О. А., Рабченко Д. И.  
ООО «ИнноТех Солошнс»

Кафедра интеллектуальных информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: vip.alekh@mail.ru

*Представлены аналитические выражения, позволяющие определить необходимые элементы пользовательского интерфейса и обосновать последовательность их размещения в автоматизированной системе управления для осуществления эффективного взаимодействия человека-оператора с автоматизированным рабочим местом.*

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированная система управления (АСУ) сложной системой содержит разнородные элементы, предназначенные для решения задач обработки информационных потоков. Одним из таких элементов является автоматизированное рабочее место (АРМ) человека-оператора, в состав которого входит пользовательский интерфейс (ПИ). Проектирование и совершенствование ПИ АРМ для управления сложными системами является трудоемкой задачей по ряду причин, в том числе формирования объема информации, циркулирующей в АСУ, исходя из необходимости обработки значительных массивов данных об объектах управления, внешней среде и условиях организации управления, причем в ограниченное время. Применяемый при разработке современных ПИ АРМ АСУ математический аппарат отличается наличием нерешенных задач по формализации отдельных составляющих этапов переработки человеком-оператором информации, в том числе его взаимодействием с элементами ПИ [1, 2]. Актуальной научно-практической задачей является разработка аналитических выражений, предназначенных для определения состава и структуры ПИ на основании априорных данных, с учетом последовательности и структуры диалога, «сценария» и «действий сторон», расположения и характера смены информации.

### I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

В идеальном случае каждому варианту управления  $u_i \in U$  ставится в соответствие единственное состояние внешней среды  $r_i \in R$ . В реальных системах каждому допустимому варианту  $u_i$  управления могут соответствовать различные  $r_i$  и соответствующие результаты управления  $u_{ij}$ . Под результатом  $u_{ij}$  подразумевается оценка соответствующему варианту управления  $u_i$  при усло-

вии  $r_j$ . Семейство результатов, характеризующее множество стратегий (вариантов) управления  $U$  для множества состояний внешней среды  $R$  как правило представляется в виде матрицы решений [3, 4]. Чтобы найти один из выгодных вариантов управления даже в том случае, когда каким-то вариантам  $u_i$  могут соответствовать различные состояния внешней среды  $r_j$ , вводят определенную оценочную (целевую) функцию. Оптимальная с точки зрения гарантированного результата реализация управления находится при помощи выражения:

$$u^{opt} = \{u_i^{opt} | u_i^{opt} \in U \wedge u_i^{opt} = \max_i(\min_j \tau_{ij})\}, \quad (1)$$

где  $\tau_{ij}$  - длительность реализации управления  $u_i$  при условиях  $r_j$ .

Выбор наилучшей реализации управления (и необходимого набора элементов ПИ) в соответствии с критерием Вальда [5] не является однозначным, поскольку результат может достигаться на всем множестве результатов многократно [6]. На практике выбирается одна из нескольких лучших реализаций. Для выбранной реализации определяются наиболее стереотипные по отношению к предметной области исследований варианты (наборы элементов) интерфейса. Каждый вариант предполагает количественную оценку при помощи аналитических выражений.

### II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

Усредненная частота использования  $j$ -го элемента ПИ при  $m$ -ом обращении человека-оператора определяется как:

$$P_{mj} = \frac{1}{N_{alg}} \cdot \sum_{n=1}^{N_{alg}} B_{mjn} \quad (2)$$

где  $N_{alg}$  - количество возможных алгоритмов действий человека-оператора,  $B_{mjn} = 1$  - если

в  $n$ -ом алгоритме при  $m$ -ом обращении присутствует элемент  $j$ , а в остальных случаях  $V_{mjn} = 0$

Первым в очереди для размещения элементом ПИ выбирается элемент для которого величина  $P_{mj}$  является максимальной. В случае наличия нескольких подобных элементов, в качестве первого элемента выбирается любой из претендентов.

Усредненная частота следования элемента  $\phi$  за элементом  $\xi$ , в рамках выполнения человеком-оператором  $n$ -ого алгоритма управления, определяется выражением:

$$S_{\xi\phi} = \frac{1}{N_{alg}} \cdot \sum_{n=1}^{N_{alg}} Y_{\xi\phi n} \quad (3)$$

где  $Y_{\xi\phi n}$  – количество случаев, когда в  $n$ -м алгоритме элемент  $\phi$  следует за элементом  $\xi$ .

Для выбора второго в очереди элемента для размещения рассчитывается ряд величин

$$o_j = P_2 + \frac{1}{2} \cdot S_{M_1 j}$$

для всех значений  $j$  (всех элементов), за исключением первого элемента. Находится элемент (элементы) для которого величина  $o_j$  максимальна. Данный элемент (элементы) будет являться вторым ( $M_2$ ) элементом для размещения.

В общем случае, для выбора очередного  $M_\beta$  элемента ПИ для размещения рассчитывается ряд величин:

$$o_j = P_{\beta j} + \frac{1}{2} \cdot S_{M_{(\beta-1)j}} \quad (4)$$

для всех значений  $j$ , не равных  $M_1, M_2, M_{(\beta-1)}$  (элементов ПИ которые уже размещены). Множитель при величине  $S_{M_{(\beta-1)j}}$  характеризует ее меньший, по сравнению с величиной  $P_{\beta j}$ , вклад в оценку элемента ПИ. Элемент для которого величина  $o_j$  окажется максимальной будет являться вторым элементом для размещения. Третий и последующие элементы для размещения выбираются аналогичным образом.

Для оценки различных вариантов (в случае наличия нескольких претендентов на роль первого элемента) размещения элементов в ПИ необходимо определить для каждого из них следующий показатель:

$$\Delta = \frac{2}{n_{max}^3 + n_{max}} \sum_{n=1}^{n_{max}} (\Upsilon_n - 1)(n_{max} + 1 - n) \quad (5)$$

Показатель  $\Delta$  представляет собой усредненный по длине очереди, взвешенный по убыванию

предпочтения нахождения на позициях в очереди (согласно схеме весов Фишберна [7]) и количеству элементов на позициях коэффициент. Наилучшим является вариант размещения элементов ПИ на АРМ, для которого указанный показатель минимален.

### III. ВЫВОДЫ

Предлагаемые аналитические выражения (1)–(5) позволяют определять необходимые элементы ПИ, а также последовательность их размещения в системе управления для осуществления взаимодействия человека-оператора с АРМ в АСУ.

Использование априорной информации позволит значительно снизить объем трудоемких экспериментальных исследований деятельности человека-оператора, связанных с многовариантностью его действий в различных условиях обстановки, и требующих существенных затрат различного характера. Использование предлагаемых аналитических выражений позволит эффективнее по сравнению с существующими математическими аппаратами учитывать человеческий фактор, оказывающий существенное влияние на процесс управления сложной системой в условиях дефицита времени и высокой стоимости ошибки

1. Капцевич, О. А. Временная составляющая аналитической модели действий диспетчера управления воздушным движением / О. А. Капцевич, А. В. Дубовский, Д. И. Рабченко // Доклады БГУИР. – 2019. – № 5. – С. 79–85.
2. Круликов, С. В. Аналитическая модель взаимодействия оператора с информационной моделью автоматизированного рабочего места в условиях динамично меняющейся обстановки / С. В. Круликов, Д. И. Рабченко // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2016. – № 3. – С. 37–44.
3. Системное проектирование средств отображения информации в автоматизированных системах управления / Б. М. Герасимов. – Киев: КВИРТУ ПВО, 1983. – 348 с.
4. Теория выбора и принятия решений: учебник / И. М. Макаров, Т. М. Виноградская. – М.: Наука, 1982. – 328 с.
5. Концептуальные основы управления в условиях неопределенности / Ю. С. Мануйлов. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2008. – 121 с.
6. Сложные системы : учеб. пособие / А. С. Шаракшанэ. – М.: Высш. школа, 1977. – 247с.
7. Ремесник, Е. С. Применение последовательностей Фишберна в когнитивных гибридных системах поддержки принятия решений / Е. С. Ремесник // Теория и практика общественного развития. – 2020. – № 6. – С. 38–42.