

ОПТИМАЛЬНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ИНТЕРФЕЙСА

УДК 681.518

ТКАЧ Вера Алексеевна

Старший преподаватель кафедры «Транспортных систем и технического сервиса»
Херсонский национальный технический университет

Научные интересы: информационные технологии и системы обработки данных

РОЖКОВ Сергей Александрович

Доктор технических наук, профессор зав. кафедры «Эксплуатации судового электрооборудования
и средств автоматики» Херсонская государственная морская академия

Научные интересы: управление в сложных технических системах, системы распознавания

ВВЕДЕНИЕ

Основой современных методов разработки интерфейсных систем являются системный анализ изображения, а также механизмы его обработки и восприятия, при этом система управления может вводить в зону внимания оператора только ту информацию, которая логически не противоречит принятию решения и которая способствует решению задачи управления. При использовании различных систем появляется необходимость постоянно отслеживать часто изменяющиеся изображения, подстраиваться под существующие условия, поэтому требования, которые предъявляются к информационным системам, постоянно возрастают. Всё остальное, что может быть решено методами автоматизации и обеспечения работоспособности системы, представляется по запросу оператора или только в критических ситуациях [1].

В зависимости от содержания задачи и контекста окружающей обстановки современный пользовательский интерфейс должен быть оптимизирован под определенные категории задач, например, должен позволять вносить изменения в свой вид. Вследствие этого возникает другой уровень интеграции человека и машины, который обеспечивает его единство со средой интерфейса, а вопросы эргономического проектирования и учёта человеческого фактора приобретают особое, системообразующее значение.

Для выполнения основных функций пользовательский интерфейс должен обеспечивать: ввод и отображение вводимых оператором данных, реакцию системы и управление процессом отображения данных. Поддержка оператора в процессе деятельности, осуществляемая по каналам обратной связи, в которых циркулирует информация об ошибочных или случайных (не по алгоритму) действиях оператора.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Решение задачи оптимального формирования адаптивного многоуровневого динамического интерфейса, для минимизации времени при анализе ситуации и принятия решения (лица принимающего решение, ЛПР), с учетом снижения нагрузки на оператора за счет упрощения процесса представления информации.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ

При решении методов математического и алгоритмического обеспечения информационных систем можно выделить два основных метода: метод анализа изображения, с учетом его представления и критерия принятия решения при анализе изображений.

Задача создания современных оптимальных интерфейсных систем основывается на комплексном рассмотрении всех процессов генерации, представления и оценки информации в задаче восприятия визу-

альной информации [2]. Особое внимание вызывает описание информационных подходов к описанию систем на основе интеллектуальных интерфейсов, которые базируются на описании n -го образа интерфейса в пространстве образов, физической реализации в пространстве сигналов и принятия решения в информационном пространстве. Это обеспечивает единство решения задачи и обобщенного описания функционирования системы.

Для решения данной задачи необходима разработка новых моделей и методов повышения эффективности отображения информации в интеллектуальных системах, таких как технология анализа информации (изображения), разработка критериев оценивания информативности изображений и расстояния между образами при идентификации изображения.

В зависимости от методов создания, множество изображений можно классифицировать по типам базовых элементов, из которых они состоят: точки, линии, многоугольники и т.д. При построении изображения оператор располагает элементарными объектами (параллелепипеды, цилиндры, конусы и т. д.), которые он комбинирует для описания требуемого объекта. Элементарные объекты могут примыкать один к другому или проникать друг в друга, а можно использовать также их «негативы» для получения отверстий разной формы.

Если в задаче оптимизации целевая функция и левые части ограничений определены не на всем n -мерном линейном арифметическом пространстве, непосредственное использование приемов решения общей задачи нелинейного программирования в данном случае невозможно.

В случае, когда взаимные деформации элементов сцены в трехмерном пространстве не допускаются, сцену можно рассматривать как твердое тело [3, 7], при этом движениям плоскости соответствует евклидова подгруппа, которая содержит только преобразования сдвига и поворота

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \mathbf{R} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \mathbf{t}, \quad (1)$$

где $\mathbf{R} = \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix}$ – матрица поворота на

угол ϕ и $\mathbf{t} = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \end{pmatrix}$ – вектор сдвига.

При замене матрицы вращения (1) на общую невырожденную матрицу \mathbf{A} получаем

$$\begin{aligned} x' &= ax + by + c, \\ y' &= dx + ey + f. \end{aligned} \quad (2)$$

В матричном виде

$$\mathbf{x}' = \mathbf{Ax} + \mathbf{c}, \quad \mathbf{x}' = \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}, \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} a & b \\ d & e \end{pmatrix}, \quad \mathbf{c} = \begin{pmatrix} c \\ f \end{pmatrix}, \quad (3)$$

Вычислить параметры обратного преобразования $\begin{cases} x = Ax' + By' + C \\ y = Dx' + Ey' + F \end{cases}$, можно, решив систему (1)

$$\begin{aligned} A &= \frac{e}{\det \mathbf{A}}, \quad B = \frac{-b}{\det \mathbf{A}}, \quad C = \frac{(bf - ec)}{\det \mathbf{A}}, \\ D &= \frac{-d}{\det \mathbf{A}}, \quad E = \frac{a}{\det \mathbf{A}}, \quad F = \frac{(cd - af)}{\det \mathbf{A}}. \end{aligned} \quad (4)$$

При предъявлении изображения возможны его искажения. Аффинное преобразование (2) можно всегда представить в виде композиций последовательно выполняемых простейших преобразований

$$\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Если предположить аффинность искажений [3] то каждой точке x_{ij} пространства можно поставить в соответствие точку $f(x_{ij})$, имеющую те же координаты относительно «новой» системы координат, что и x_{ij} в исходной системе координат.

Таким образом, для плоских изображений существование обратной матрицы \mathbf{A}^{-1} , обеспечивает устранение возмущений и определяет близость элементов типовой сцены и элементов изображения.

Все изображение при этом может быть откорректировано матрицей A^{-1} . Для плоских изображений ошибка между анализируемым изображением и преобразованным сигналом может стать мерой близости изображений. Следовательно, можно выбрать среднеквадратическое расстояние $|\bar{\varepsilon}|^2 = D$.

Источник изображения генерирует образы \bar{I}_0 с определенными вероятностями, то приемник изображения выдвигает гипотезы \bar{I}_n из заданного алфавита с соответствующими вероятностями. Степень достоверности гипотезы \bar{I}_n определяется расстоянием между образом, реализованным источником и гипотезой приемника. Задача оптимального управления могут быть связаны моделью системы взаимодействия с обратной связью.

Такая система представляет собой объект программного обеспечения, который выполняет ряд операций в интересах пользователя или другой программы. Одной из составляющих таких систем являются интерфейсные агенты, как программно-аппаратные элементы компьютерных систем, которые обладают следующими свойствами: автономность поведения, возможность реагирования на возмущения окружающей среды, адаптивность поведения [8].

Если предпочтения из множества \mathfrak{R}_{A_0} , обозначить параметрической переменной r , принимающей значения из подмножества Ω действительной оси, $\Omega \subseteq \mathfrak{R}$, то каждому возможному предпочтению агента $R_{A_0} \in \mathfrak{R}_{A_0}$ ставится во взаимнооднозначное соответствие значение параметра $r \in \Omega$, который характеризует эффективность его деятельности или определяет оптимальное для данного агента количество ресурса, где R_{A_0} – предпочтения агента, \mathfrak{R}_{A_0} – множество возможных предпочтений.

Выбор действия агентом определяется правилом индивидуального рационального выбора

$$P^{W_I}(\mathfrak{R}_{A_0}, A, I) \subseteq A, \quad (6)$$

где W_I – закон изменения результата деятельности в зависимости от действия и обстановки, I – накопительная информация о результатах деятельности.

Следовательно, агент с учетом всей имеющейся у него информации выбирает действия, которые приво-

дят к наиболее предпочтительным результатам деятельности: минимизируют время идентификации изображения и принятия решения.

Наиболее часто используемые способы задания индивидуальных предпочтений: отношения предпочтений и функции полезности.

Предпочтения агента на множестве возможных результатов деятельности заданы его функцией полезности v , а результат деятельности $z \in A_0$ зависит от действия $y \in A$ и сложности изображения:

$$z = w(y, \theta), \quad (7)$$

где $\theta \in \Theta$ – известные элементы изображения.

Тогда закон W_I определяется функцией $w(y, \theta)$, отражающей структуру пассивного управляемого объекта, и той информацией I , которой обладает агент на момент принятия решений о выбираемом действии.

В этом случае правило индивидуального рационального выбора заключается в выборе агентом действий, которые доставляют максимум его целевой функции

$$P^{W_I}(\mathfrak{R}_{A_0}, A, I) = \max_{y \in A} f(y). \quad (8)$$

Так как предпочтения системы v_0 определены на множестве A_0 возможных результатов деятельности агента и на множестве $U \times A_0$, с учетом имеющейся у него информации I_0 они индуцируют на множестве $U \times A$ предпочтения f_0 (целевую функцию системы).

Рациональный выбор F системы зависит от управляющих воздействий $u \in U$, используемых системой, то есть множество рационального выбора агента можно выразить

$$P(u) = P^{W_I}(\mathfrak{R}_{A_0(u_A)}(u_v), A(u_A), I(u_I)) \subseteq A \quad (9)$$

Итак, центр может предсказать, что если он использует некоторое управление $u \in U$, то агент выбирает одно из действий из множества (9).

Управление организационной системой осуществляется при помощи передачи сообщений, следовательно, для решения задачи оптимального управления можно опираться на задачи распознавания образов.

Такое управление можно сформулировать следующим образом: найти допустимое управление, имеющее максимальную эффективность (оптимальное управление), то есть

$$K(u) \rightarrow \max_{u \in U} f_0(u, y). \quad (10)$$

Определить оптимальное управление можно, если рассматривать эту модель, как управляемую динамическую систему. В данном случае целевой функционал представим в виде

$$J(y, u, t) = T \int_0^T dt. \quad (11)$$

Управляемость системы и вид функционала цели гарантирует применимость принципа максимума Понтрягина [5, 8].

В информационном пространстве порождается скалярное поле $I = I(x)$ с декартовыми координатами точек изображения. Так как изображение $A(x)$, принадлежащее алфавиту \mathbf{A} кадров интерфейса, формируется композицией образов, то поле в виде функции $A(x)$, описывает изображение, как сцену. Следовательно, пространство изображения порождает информационное поле $V(x)$, если каждому элементу $I(x)$ поставлено в соответствие элемент набора типовых сцен из алфавита \mathbf{A}

$$\begin{aligned} A_k(x) &\in \mathbf{A}, \quad k = 1, \dots, j; \\ I_k(x) &\in V, \quad k = 1, \dots, j. \end{aligned} \quad (12)$$

где $A_k(x)$ – типовая сцена, $I_k(x)$ – информативность элемента изображения.

Особенностью информационного поля является наличие поля изображения, выступающего как эталон. Собственно, под эталоном понимается изображение, которое может построить система принятия решения, исходя из хранящейся в ней информации. При этом «эталон» может быть гораздо беднее, чем реальное изображение, но его должно быть достаточно для правильного принятия решения о предъявленном изображении.

Образ v_{kl} связан с его реализацией и для оптических образов $v_{kl} \rightarrow \psi(x, y)$ – это двумерное скалярное поле в декартовых координатах. Элементы изображения представляют собой входные образы, которые принадлежат нормированному метрическому пространству V с нормой $\|v_k\| = P(v_k)$ и метрикой $\alpha(v_l, v_k) = I - P(v_l, v_k)$, определяющей расстояние между входным событием и выдвинутой гипотезой.

Информационное поле, полученное при обработке изображения, будет обладать следующими свойствами [9]:

- Анализируя изображение, коррекцию возмущений целесообразно выполнить в виде аффинного преобразования, что позволяет значительно сократить объем вычислений, при этом аффинное преобразование окрестности точки в информационном поле сохраняет сверенность. Хотя при вырожденности матрицы аффинного преобразования возможна потеря информации.

- Нормирование – отношение интегрального поля к нормированному значению поля всегда равно 1.

- Для замены переменных $x = x(\gamma, \eta)$ и $y = y(\gamma, \eta)$ в двойном интеграле функции $f(x, y)$ в пространстве V нужно подставить в функцию f вместо x и y их выражения, и заменить элемент площади $dx dy$ его выражением в криволинейных координатах

$$\iint_V f(x, y) dx dy = \iint_{\Delta} f(x(\gamma, \eta), y(\gamma, \eta)) |J(\gamma, \eta)| d\gamma d\eta. \quad (13)$$

– Математическое ожидание в информационном поле определяет частотную характеристику поля или уменьшение разрешающей способности системы.

– Градиент информационного поля $A(V)$ зависит от самого поля, а не от выбора системы координат и характеризует скорость изменения типовых сцен A .

– Дивергенция информационного поля представляет собой плотность распространения образов.

Если процедура распознавания применяется к некоторому изображению и обеспечивает его преобразование в изображение, состоящее из отдельных геометрических объектов, то тогда мы имеем дело с описаниями трехмерных объектов, спроецированных на плоскость для получения воспроизводимого изображения. Затем определяется соответствие этих объектов эталонным изображениям.

Для анализа изображения можно использовать проекции простых объектов, поскольку построение проекций эквивалентно отображению некоторой двумерной области в некоторый сигнал. При совмещении проекций объекты могут перекрывать друг друга, а проекции исходных объектов представляют собой новые подмножества, представляющие собой пересечение проекций основных множеств.

Геометрическое согласование объектов в процедуре распознавания позволяет использовать задачу геометрического моделирования, при этом выдвигаемая гипотеза – это описание сложной, с точки зрения геометрии объекта, совокупности более простых геометрических объектов. Вместо задачи поиска точки оптимума здесь важнее найти распределение весов фрагментов кадра изображения, что позволяет распределить ресурс управления системы при генерации кадра изображения или интерфейса.

В задаче оптимизации процедуры распознавания [10].

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{x}^* \rightarrow \min f(\mathbf{x}) \\ y = \text{const} \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

с функцией цели в виде позинома и неотрицательными весовыми коэффициентами

$$\left. \begin{aligned} f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m C_i \prod_{j=1}^n x_j^{a_{ij}} \\ C_j \geq 0 \quad j = 1 \dots n \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Условие оптимальности имеет вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{0} \\ f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^m C_i \prod_{j=1}^n x_j^{a_{ij}} \\ C_j \geq 0 \quad j = 1 \dots n \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Оценивая сложность фрагмента изображения по количеству вершин скелетного графа k_i изображения по связанным с вершиной количеству точек s_i и учитывая взаимные связи между точками связанными с различными вершинами получаем вид функции цели

$$\left. \begin{aligned} f(\mathbf{s}) = \sum_{i=1}^m I_i \prod_{j=1}^n s_j^{k_{ij}} \\ I_j \geq 0 \quad j = 1 \dots n \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

где k_i – вершины скелетного графа, s_i количеством точек связанных с вершинами.

Таким образом, получаем изображение, которое при заданных информативностях фрагментов упрощает процесс принятия решения.

ВЫВОДЫ

Управление организационной системой может быть рассмотрено как задача оптимального управления, которое основывается на принципе максимума Понтрягина, с функционалом цели, зависящим от времени и затрат управления на анализ изображения.

Модель управления организационными системами позволяет унифицировано описывать процессы принятия решений оператором.

Оценить информативность кадра изображения можно достаточно легко, если построение выполнено как совокупность простых геометрических объектов используя методы геометрического программирования.



Задача оптимизации графического интерфейса относится к задачам анализа информационных полей.

При построении оптимального графического интерфейса решается задача оптимизации траектории ана-

лиза изображения за счет обеспечения выпуклости информационного поля изображения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Sergeev S.F. Vvedenie v proektirovanie intellektualnih interfejsov: uchebnoe posobie / S.F. Sergeev, P.I. Paderno, N.A. Nazarenko – SPb: SPbGU ITMO, 2011. – 108 s.
2. Mihalev A.I. Komp'yuternie metodi intellektualnoj obrabotki danih: uchebnoe posobie / A.I. Mihalev, E.A. Vinokurova, S.L. Sotnik – Dnepropetrovsk: NMetAU, IK "Sistemnie tehnologii", 2014, – 209 s.
3. Gruzman I.S. Cifrovaya obrabotka izobrazeniy v informacionnyh sistemah: uchebnoe posobie / I.S. Gruzman, V.S. Kirichuk, V.P. Kosih, G.I. Peretaygin i dr. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2002. – 352 s.
4. Krasovskij A.A. Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravleniya / pod red. A/A/ Krasovskogo – M.: Gl. red. fiz.–mat. lit., 1987. – 712 s.
5. Attetkov A.V. Metodi optimizacii: Ucheb. dlay vuzov /A.V. Attetkov, S.V. Galkin, V.S. Zarubin. Pod red. V.S. Zarubina, A. P. Krishenko. – 2-e izd. – M.: MGTU im. N. E. Baumana, 2003. –440 s.
6. Mesteckiy L.M. Skeletizaciy mnogosvayznoy mnogougolnoy figury na osnove dereva cmezjnosti eoj granicy // Sibirskiy jurnal vychislitelnoy matematiki / RAN. Sib. otd-nie. – Novosibirsk, 2006. – T. 9, – № 3. – S. 201-216/
7. Tkach V.A. Osobennosti postroeniya system upravleniya v intellektualnih interfejsah / V.A. Tkach, S.A. Rozhkov// Problemi informacijnih tehnologij. – 2012. – №1(011). – S.157 – 160.
8. Tkach V.A. Ispolzovanie informacionnyh tehnologij pri sozdanii intellektualnih interfejsov / V.A. Tkach, S.A. Rozhkov // Vestnik Khersonskogo nacionalnogo tehničeskogo universiteta – №3(54). – 2015. – S. 299 – 302.
9. Tkach V.A. Metodi optimizacii upravleniya v intellektualnih interfejsah / V.A. Tkach // Sistemni tehnologij. – 2013. – №3(86). – S.142 – 150.
10. Tkach V.A. Monitoring and Control Systems of Modern Intellectual Interfaces / V.A. Tkach, P.V. Kashtalyan, S.A. Rozhkov // 2016 IEEE 4th International Conference "MSNMC-2016" Proceedings, NAU, Kyiv, October, 18-20, 2016. – pp. 237-240

Рецензент: д.т.н., проф. Рудакова А.В.,
Херсонский национальный технический университет.