

# РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСНОГО АГЕНТА ГЕНЕРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

УДК 004.414

**ТКАЧ Вера Алексеевна**

ст. преп. кафедры основы конструирования, Херсонский национальный технический университет.

**Научные интересы:** информационные технологии и системы обработки данных.

## ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное использование управляющих, обучающих и самообучающихся систем, вызывает большой интерес к проблемам обработки визуальной информации. Значительная часть прикладных задач распознавания образов, обработки информации и анализа данных связана с визуальной информацией, где применение известных систем преобразований, обеспечивает получение полезной информации о свойствах изображаемых объектов [1].

Такие системы представляют собой объекты программного обеспечения, которые выполняют ряд операций в интересах пользователя или другой программы, имеют определенную степень независимости, автономности и используют знания при принятии того или иного решения. 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 [2].

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Разработка интерфейсного агента генерации изображения, позволяющего минимизировать время на принятие решения при получении визуальной информации в управляющих и обучающих системах.

Основной материал

Актуальным направлением развития информационных технологий является разработка методов агентно-ориентированного программирования, исследова-

ния в области обработки информации с использованием агентных технологий [2]. Мультиагентный подход при решении задач управления содержит три основных принципа: распределенная среда вычислений, принцип удаленных вычислений, преобразование и мобильность объектов информационного пространства.

Известно [3], что в задаче распознавания, плотность вероятности по информации пропорциональна вероятности. Тогда информационное пространство является нормированным метрическим пространством с нормой

$$\|a_i\|_I = -\log_{\alpha} P_i = I(a_i), \quad (1)$$

и метрикой, определяемой линейным приближением  $P = P(I)$  зависимости вероятности события  $P$  от информации  $I$ . При этом расстояние между эталоном и объектом определяется как условная информация в системе входного образа и гипотезы об эталоне

$$\alpha(a_i, a_j)_I = -\log_{\alpha} P(a_j / a_i) = I(a_j / a_i). \quad (2)$$

Однако, несмотря на получаемый при этом очень простой и достаточный критерий достоверности принятия решения в процедуре распознавания в виде отсутствия взаимной информации в системе с эталоном  $a^*$  по отношению к образу  $a$ , из входного алфавита

$$a = a^*, \text{ если } I(a_j / a_i) = 0 \quad (3)$$

необходимо найти связь информации с наблюдаемыми переменными состояния системы.

Реакцию на наличие взаимной условной информации между гипотезой системы и входным образом можно рассматривать как реакцию системы управления

$$\mathbf{u} = \mathbf{u}_0 + \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial I_{j/i}} \Delta I_{j/i} + \dots + \mathbf{r} \quad (4)$$

Полагая линейность и стационарность системы управления

$$\frac{\partial u_k}{\partial I_{j/i}} = \gamma_k, \quad \gamma_k = const, \quad k = \overline{1, m} \quad (5)$$

Следовательно, для линейного случая, взаимную информацию можно оценить по величине управления

$$I(a_j / a_i) = \frac{1}{\gamma_k} u_k, \quad k = \overline{1, m} \quad (6)$$

Представим выражение (6), определяющее оценку расстояния между объектом и эталоном (2), в виде

$$\log_{\alpha} P(a_j / a_i) = \frac{1}{\gamma_k} u_k, \quad k = \overline{1, m} \quad (7)$$

При этом условие отсутствия взаимной информации можно свести к наблюдаемому условию  $u = 0$ . Таким образом, процесс проверки гипотезы сводится к процессу компенсации входного информационного потока потоком от генератора эталона с системой управления по отклонению, а критерием служит сходимость процессов управления и компенсации [3].

При предъявлении изображения возможны его искажения. Предполагая аффинность искажения плоских изображений, близость элементов типовой сцены и элементов изображения определяет существование обратной матрицы  $A^{-1}$ , которая корректирует изображение и обеспечивает устранение возмущений [1].

В случае, когда возникает ошибка между анализируемым изображением и преобразованным сигналом

$$\bar{\varepsilon} = \bar{x} - A^{-1} \tilde{x}, \quad (8)$$

$\varepsilon$  – может стать мерой близости изображений.

Следовательно, можно выбрать среднеквадратическое расстояние

$$|\bar{\varepsilon}|^2 = D \quad (9)$$

Тогда задача о максимальном быстродействии может быть представлена как  $A^{-1*} \rightarrow \min T$ .

В случае, когда каждый отдельно рассматриваемый кадр изображения имеет различные элементы, требующие принятия частных решений, то целесообразно рассматривать задачу минимизации рисков при принятии частных решений [5].

Тогда формируется задача определения среднего риска, который должен быть минимальным:

$$\bar{C} \rightarrow \min, \\ A = A^{-1*}.$$

Предположим, что изображение имеет  $n$  – фрагментов и каждому  $n_i$  соответствует вероятность  $P_i$  и штраф  $C_i$ . Причем последовательность анализа новой, неизвестной сцены базируется на движении к фрагментам с максимальной дисперсией или отклонением  $\nabla \sigma^2 \rightarrow 0$  [1], а в известной сцене – к фрагментам с минимальным штрафом  $\nabla \bar{C} \rightarrow 0$ .

Если источник изображения формирует (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 [3, 4]. Задачи оптимального управления могут быть связаны моделями систем, показанных на рис. 1, 2.

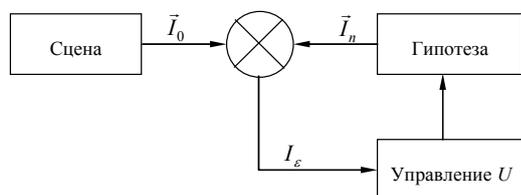


Рисунок 1 – Модель оптимальной системы компенсации

В этом случае качество исходного изображения определяется скоростью сходимости управления  $u$  и формированием (генерированием) гипотезы [3].

При этом следует учитывать, что:

1) отклонение изображений и модели должно оцениваться по критерию – сильному оптимуму, что позволит получить лучшее решение

$$I = \max |X - \tilde{X}|, \quad (10)$$

2) предполагаем определение области размещения фрагмента – по дисперсии или (и) логически;

3) проверка близости изображения и гипотеза ведется по существованию аффинного преобразования [1].

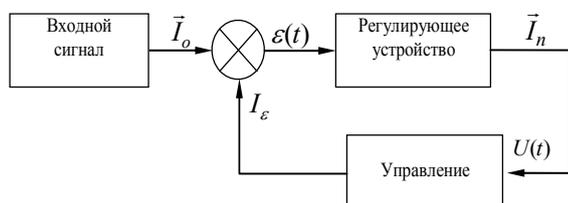


Рисунок 2 – Модель системы взаимодействия с обратной связью

Изображение представляется в виде матрицы, сравнивается с требуемым значением  $a_{ij}$  и выявляющиеся при этом отклонения  $\varepsilon$  преобразуются в управляющее воздействие  $U(t)$ , которое формируется как функция отклонения  $\varepsilon$ , и, влияя на объект, стремится уменьшить или устранить это отклонение.

Если ошибка восприятия информации экспоненциально убывает по времени восстановления изображения:

$$\varepsilon(t) = \bar{\varepsilon}_0 e^{-\alpha t}, \quad (11)$$

то это позволит предположить линейную связь

$$\frac{d\bar{\varepsilon}}{dt} = A_\varepsilon \bar{\varepsilon} + B_\varepsilon \bar{u} \quad (12)$$

Таким образом, получаем динамическую модель управления

$$\dot{\bar{x}} = A\bar{x} + B\bar{u}, \quad (13)$$

в которой время принятия решения должно быть минимальным  $T \rightarrow \min$ , а управление и состояние системы в произвольный момент времени  $\bar{u}^*, \bar{x}^* \rightarrow \min T$ . Таким образом:  $\bar{x}(t_0) = \bar{x}_0$ .

Рассматривая эту модель, как управляемую динамическую систему, можно определить оптимальное управление в смысле минимизации времени переходного процесса. Это управление, определяется чувствительностью функции цели по траектории анализа изображения [4,5].

Функция распределения в общем случае представляет собой плотность распределения вероятности появления объекта и зависит от координат и информации

$$f = f(x, y, I) \quad (14)$$

Тогда расстояние между объектами можно представить в виде ряда [6]:

$$f(x, y, I) = f_{x^*} + \frac{\partial f}{\partial x} \Big|_{x^*} \Delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \Big|_{y^*} \Delta y + \frac{\partial f}{\partial I} \Big|_{I^*} \Delta I + \dots + R \quad (15)$$

$$\frac{\partial f(x, y, I)}{\partial I} \Delta I = \phi(x, y, I) \quad (16)$$

где  $x$  и  $y$  – параметры.

Оценка информации в каждом конкретном случае требует знания градиента функции цели по информации, или как гипотезы, или как полученной зависимости. На основе физических свойств задачи можно выдвинуть следующую гипотезу

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial A}{\partial x} &= \varphi_1(x, y, I) \\ \frac{\partial A}{\partial y} &= \varphi_2(x, y, I) \\ \frac{\partial A}{\partial I} &= \varphi_3(x, y, I) \end{aligned} \right\} = \nabla A \quad (17)$$

Решая систему дифференциальных уравнений (17), получаем зависимость информации от координат (рис. 3), которые определяют скалярное поле:

$$I = \Phi(x, y, const) \quad (18)$$

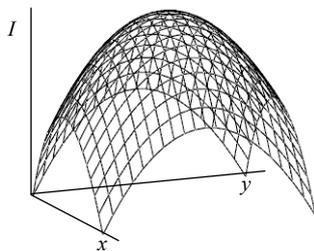


Рисунок 3 – Информационное поле

Для того, чтобы мера информации имела практическую ценность, она должна быть такой, чтобы она отражала количество информации пропорционально плотности распределения

$$\frac{\partial f(x, y, I)}{\partial I} = \alpha f(x, y, I) \quad (19)$$

Далее получаем норму и метрику в виде

$$I_{(x,y)} = -\ln f(\mathbf{x}) = \|I\|, \quad (20)$$

$$\alpha(f_i, f_j) = \ln(f_j(\mathbf{x}) / f_i(\mathbf{x})).$$

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.

При принятом допущении о выполнении условий органического роста связи информации с вероятностью в пространстве образов, в информационном поле рас-

стояние между точками оценивается логарифмическим отношением правдоподобия. Это справедливо только в рамках принятой гипотезы о зависимости вероятности от информации, принятой при построении пространства объектов.

Таким образом, информационное поле можно рассматривать как скалярную функцию от вектора  $\mathbf{x}$ :

$$I = I_k(\mathbf{x}) \quad (21)$$

Предположение об аналитичности информационного поля позволяет представить его в виде ряда Тейлора в окрестностях  $\mathbf{x}^*$ :

$$A = A|_{\mathbf{x}^*} + \frac{1}{1!} \nabla A|_{\mathbf{x}^*} \Delta \mathbf{x} + \dots + R \quad (22)$$

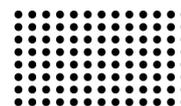
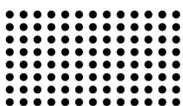
Так как информационное поле представляет собой скалярное поле аргумента  $\mathbf{x}$ , то на него распространяются свойства скалярных полей [6]. Локальное свойство скалярного поля – изменение величины  $A(V)$  при переходе от данного элемента изображения  $v_{kl}$  к ближайшему  $v_{(k+1, l+1)}$ . Для этого используем производную поля  $A(V)$  по направлению  $\frac{\partial A(V)}{\partial \lambda}$ , где  $\lambda$  – фиксированный единичный вектор и его направление совпадает с направлением отрезка между элементами изображения.

Производная характеризует скорость изменения  $A(V)$  в направлении  $\lambda$ . Если элементы изображения очень близки, т.е. расстояние между ними можно принять равным нулю, получаем

$$\left. \frac{\partial A(v_{k,l})}{\partial \lambda} = \frac{\partial A(v_{(k+1, l+1)})}{\partial h} \right|_{h=0} = \frac{\partial A}{\partial x} \cos \alpha + \frac{\partial A}{\partial y} \cos \beta \quad (23)$$

где  $h$  – расстояние между ближайшими элементами изображения;  $\alpha, \beta$  – расстояние между осями координат и направлением  $\lambda$ .

Градиент скалярного поля зависит не от выбора системы координат, а от самого поля. Если  $\mathbf{V}$  – векторное поле, можно получить некоторую функцию области  $\Phi(\Omega)$ , поставив в соответствие каждой про-



странственной области  $\Omega$ , ограниченной гладкой или кусочно-гладкой поверхностью  $\varphi$ , поток вектора  $\mathbf{V}$  через внешнюю сторону поверхности  $\varphi$ .

При анализе экстремальных свойств функции цели, возможна различная постановка задачи, однако простейшей задачей оптимизации является задача безусловной минимизации функции цели.

### ВЫВОДЫ:

1. Интерфейсный агент представляет собой интеллектуальную компоненту системы, которая помогает пользователю эффективно управлять информационной средой при принятии решений.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Gruzman I.S. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij v informacionnyh sistemah: Uchebnoe posobie /I.S. Gruzman, V.S. Kirichuk, V.P. Kosyh, G.I. Peretjagin i dr. –Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2002. – 352 c.
2. Bodjanskij E. V. Intellektual'noe upravlenie tehnologicheskimi processami: Monografija / E. V. Bodjanskij, E.I. Kucherenko, A.I. Mihaljov, V.A. Filatov i dr. Pod red. A.I. Mihaljova – Dnepropetrovsk: Nacional'naja metallurgicheskaja akademija Ukrainy, 2013. – 213 s.
3. Brazhnik D.A. Informacionnaja model' invariantnoj sistemy raspoznavanija /D.A. Brazhnik, F.B. Rogal'skij, V.A. Tkach //Problemy informacionnyh tehnologij. – 2009. - №1 (005). – S.31-37.
4. Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravlenija /A.A.Krasovskij; pod. red. A.A. Krasovskogo. –M.: Nauka, Gl.red.fiz.-matemat. lit., 1987. –712 s.
5. Tkach V.A. Metody optimizacii upravlenija v intellektual'nyh interfejsah/V.A. Tkach// Sistemni tehnologii. – 2013. – №3(86). – S.142-150.
6. Budak B.M. Kratnye integraly i rjady/ B.M. Budak, S.V. Fomin – M: Nauka, 1965. – 608 s.

2. При представлении изображения для анализа, коррекцию возмущений целесообразно выполнить в виде аффинного преобразования, что позволяет значительно сократить объем вычислений.

3. Задача восприятия изображения может быть рассмотрена как задача оптимального управления с функционалом цели, зависящим от времени и затрат управления на анализ изображения.

4. Задача оптимизации графического интерфейса относится к задачам анализа информационных полей.

5. При построении оптимального графического интерфейса решается задача оптимизации траектории анализа изображения за счет обеспечения выпуклости информационного поля изображения.