

УДК 681.518:004.912

А.Л. ЕРОХИН, ВАЛ.Н. БУРЦЕВ, ВЛ.Н. БУРЦЕВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОГНИТИВНОЙ ФУНКЦИИ ВНИМАНИЯ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Введение.

Психические процессы человека - это сложноорганизованные процессы, динамически изменяющие свои состояния под воздействием экзогенных и эндогенных факторов [1, 2], изменение которых носит случайный характер. Устойчивость психического состояния лица, принимающего решение (ЛПР) достигается только целенаправленным усилием, когда информация на этапах кратковременного и долговременного запоминания должна находиться в поле внимания [3, 4]. Для практической психологии процесс восстановления психических состояний для лица, принимающего решение (ЛПР) является чрезвычайно важным [5]. Сложность описания процессов смены и развития психических состояний представляет большую сложность в силу того, "что субстанция ощущений, которая делает его субъективным переживанием, не может быть описана в научных терминах" [6].

1. Постановка задачи.

Наиболее важными психологическими функциями ЛПР в процессе его оперативного дежурства являются когнитивные функции внимания, на которые сильное влияние оказывает стресс монотонии. Механизм развития стресса монотонии определяется феноменом фильтрации центральной нервной системы длительно повторяющихся стимулов разных модальностей [7].

В интеллектуальных системах технического зрения отсутствуют те психофизиологические особенности, которые характерны для человека-оператора, - в них не проявляется стресс монотонии. Это приводит к тому, что такая важная особенность человеческой психофизиологии, как указанный стресс монотонии, никаким образом не учитывается при разработках систем технического зрения. Полярной стрессу монотонии из всех функций ЛПР можно считать функцию внимания.

Для систем технического зрения важной становится рассмотрение и моделирование функции внимания. В первую очередь это связано с уменьшением избыточности визуальной информации, которая подлежит анализу последовательными механизмами обработки. Во вторых, реализация формализованной модели когнитивной функции внимания необходима системе технического зрения для прогноза нестандартных или аварийных ситуаций, локализованных в актуальном зрительном поле (АЗП) системы.

2. Актуальное зрительное поле .

В качестве формальной модели интеллектуальной системы технического зрения используем систему зрительного процесса, предложенную в [4]. У человека АЗП формируется и поддерживается психофизиологическими механизмами его зрительной системы [4]. На поверхности сетчатки глаза выделяются два непересекающихся дискретных подмножества, принадлежащие к классу T_2 [8] топологического пространства. Эти подмножества топологически эквивалентны друг другу и отличаются метрикой фоторецепторов в зоне фавеа и в периферийной части сетчатки [9]. В виду дискретности нейронов мозга [10] его проекционные зоны возбуждения (торможения) также могут быть отнесены к классу T_2 и они эквивалентны соответствующим возбужденным фоторецепторам сетчатки глаза. Главное отличие проекционных зон мозга заключается в механизмах обработки визуальной информации. Так, вся информация АЗП, спроецированная в зону фавеа, обрабатывается последовательно и медленно, остальная информация, спроецированная с периферии

АЗП – параллельно и мгновенно. В зону фавеа визуальная информация попадает при целенаправленном взгляде, если таковая со стороны ЛПП заслуживает внимания.

Таким образом, когнитивная функция внимания в интеллектуальной системе технического зрения может рассматриваться как одна из побудительных причин изменения направления визуального наблюдения на нестандартный объект для последующего анализа новой информации.

В рассматриваемой модели [4], кроме подсистем сенсорного (перцепторного) анализа, гештальт-синтеза и гештальт-анализа, включена подсистема, моделирующая функцию внимания. Основная задача этой подсистемы – это оценивание весовых характеристик важности визуальной информации. Например, такой весовой характеристикой может являться оценка фактора неожиданности, который содержится в самой информации.

3. Фактор неожиданности и его формализация.

Для оценивания фактора неожиданности введем три начальных условия [8]:

- фактор неожиданности определенным образом может быть выделен из двумерной копии предметной области;
- копия предметной области (образ), спроецированная на входы видеосенсоров, представима в виде дискретного множества из класса T_2 , обладает счетной мощностью и топологическими инвариантами регулярности;
- дискретное множество копии предметной области может быть представлено в виде двух непересекающихся, топологически эквивалентных дискретных подмножеств, отличающихся метриками и мощностью носителей топологии.

Дискретность копии (образа) предметной области в системе технического зрения адекватна дискретной копии (образу) в зрительной системе человека. Для достижения такой адекватности в [8] было предложено использовать волоконно-оптический системный канал (ВОСК), моделирующий вход видеосистемы. ВОСК состоит из счетного множества элементарных световодов (ЭС) с разными диаметрами поперечных сечений. При этом входные поперечные сечения ЭС минимального диаметра располагаются в центре поля зрения и моделируют зону фавеа, все ЭС с большим диаметром – периферийную зону.

Все ЭС, расположенные в центральной зоне входа своими выходными поперечными сечениями оптически согласованы с видеоприемником, электрически связанные с процессором последовательной обработки видеосигналов. Все ЭС периферийной зоны ВОСК, в свою очередь, оптически согласованы, по крайней мере, с одним видеоприемником, электрически связанный с процессором параллельной обработки видеосигналов.

Рассмотрим дискретную структуру копии предметного мира на входе ВОСК. Для каждой точки (x, y) непрерывного (регулярного) изображения, заданного в двумерном континуальном пространстве, после ее проективного линейного преобразования, ставится в соответствие точечный элемент. Обозначим визуальную информацию и содержащейся в ней фактора неожиданности в виде многомерного вектора

$$F_{ij} = \bigcup_{i,j+1}^{m,n} f(\sum I_R, \sum I_G, \sum I_B, a_{ij}), \quad (1)$$

где $\sum I_R, \sum I_G, \sum I_B$ - усредненные значения интенсивности трех основных цветов, спроецированных на вход (a_{ij}) ВОСК с координатами (i, j) , заданных в локальной системе координат пространства T_2 .

Для оценивания фактора неожиданности введем три начальных условия [8]:

$$F_{ij} = \bigcup_{i,j+1}^{m,n} f(\sum I_R, \sum I_G, \sum I_B, a_{ij}), \quad (2)$$

где - $\sum I_R, \sum I_G, \sum I_B$ - усредненные значения интенсивности трех основных цветов, спроецированных на вход (a_{ij}) ВОСК с координатами (i,j) , заданных в локальной системе координат пространства T_2 .

Не теряя общности, можно рассмотреть монохроматическое изображение, тогда выражение (1) упрощается

$$F^*_{ij} = \bigcup_{i,j+1}^{m,n} f^* (\sum I_a \cdot a_{ij}). \quad (3)$$

В качестве критерия наличия в АЗП фактора неожиданности в выражении (3) можно принять изменение интенсивности $\sum I$ и скорости перемещения $\Delta(a_{ij} - a_{kl}) / \Delta t$ некоторой визуальной составляющей АЗП проанализируем три множества с переменными аргументами

$$\begin{aligned} F^* &= \bigcup f^* (\sum I_a \neq I_c, a_{ij} = c, V = 0) \\ F^* &= \bigcup f^* (\sum I = c, \Delta a / \Delta t = V \neq 0) \\ F^* &= \bigcup f^* (\sum I_a \neq I_c, \Delta a / \Delta t = V \neq 0) \end{aligned} \quad (4)$$

Предположим, что часть визуальной информации, содержащая фактор неожиданности, находится на периферии поля зрения блока визуализации системы технического зрения. Задачей системы технического зрения является распознавание по некоторым критериям фактора неожиданности, перемещение этой части АЗП с изображением в центр поля зрения и передача этой информации в процессор последовательной обработки для анализа и принятия адекватного решения.

4. Проверка адекватности модели фактора неожиданности.

Для распознавания фактора неожиданности рассмотрим изменение интенсивности $\sum I_R, \sum I_G, \sum I_B$ и скорости V перемещения анализируемого объекта АЗП на входной поверхности ВОСК. Например, в качестве критерия распознавания ФН по скорости изменения интенсивности возьмем ограничение ее “красной” составляющей в объекте изображения некоторым значением $\sum I_R / \Delta t \leq c_1$, а по скорости перемещения объекта изображения на входной поверхности значениями

$$V = \pi d_a / \Delta t \leq c_2; \quad S = V \Delta t \approx k \pi d_a \leq c_3. \quad (5)$$

При превышении этих значений система технического зрения будет квалифицировать эти объекты АЗП как нестандартные и требующие анализа.

Для оптических систем технического зрения, в отличие от бинокулярной системы зрения человека, остается высокой вероятностью того, что визуальная информация, содержащая фактор неожиданности, может не попасть в поле зрения.

Для решения вопроса оперативного распознавания фактора неожиданности введем в систему технического зрения волоконно-оптические “детекторы внимания”. Отличительной особенностью таких детекторов является наличие комбинаторной нерегулярности, посредством которой осуществляется преобразование двумерных изображений [11,12] в детерминированные хаотические процессы. Идея использования комбинаторной нерегулярности в детекторах внимания заключается в том, что малые линейные перемещения визуального объекта на входе ВОСК преобразовываются в хаотический процесс, который может быть обнаружен более простыми методами.

5. Практическая реализация моделей.

В качестве детектора внимания может быть предложен волоконно-оптический системный канал, представленный на рис. 1 и 2.

Предлагаемый ВОСК содержит волоконно-оптический жгут 1 с регулярной укладкой элементарных световодов, входные поперечные сечения которых расположены в центре его входной поверхности. Вокруг жгута 1 сформированы четыре входные поверхности, образующие четыре квадранта ориентации волоконно-оптических детекторов внимания 2-5 в пространстве визуализации.

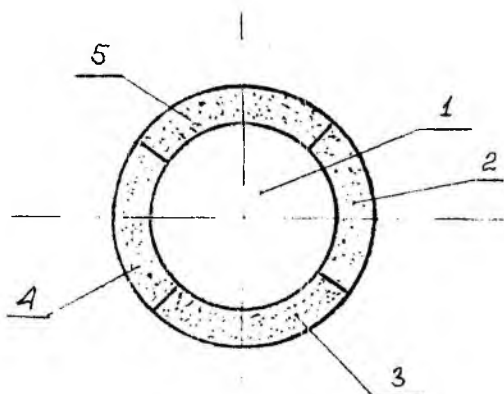


Рис. 1. Модель волоконно-оптического системного канала

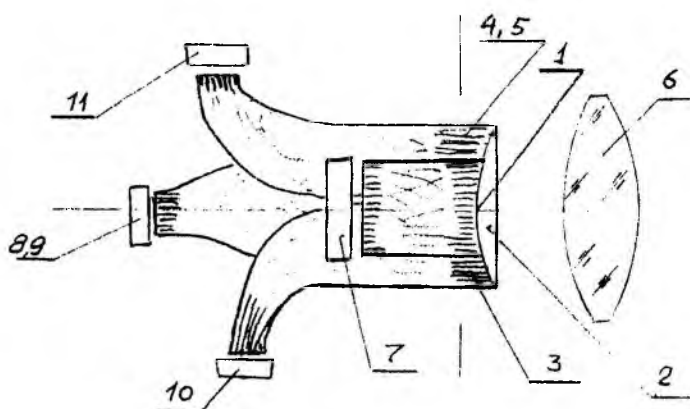


Рис. 2. Разрез модели волоконно-оптического системного канала

Входные поверхности 1-5 оптически согласованы с линзовой системой 6 и благодаря криволинейности ее формы компенсируются часть полевых aberrаций линзы. Выходные поверхности световодов 1-5, в свою очередь, оптически согласованы с соответствующими фотоприемниками 8-12. Входным поверхностям поперечных сечений ЭС жгута 1 и детекторов внимания 2-5 придана криволинейная форма с радиусом R .

В работе [10] было показано, что матрица квантора существования компактного и упорядоченного дискретного множества входа ВОСК размерностью $(m \times n)$ будет иметь вид

$$\exists f_{ij} P(f_{ij}) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

После комбинаторного преобразования K_2 со значениями $0 \ll K_2 \ll 1$ на выходе ВОСК квантор существования будет уже состоять из случайно распределенных единичных и нулевых значений предикатов, например,

$$\exists b_{ij} P(b_{ij}) \vee b_{kl} P(b_{kl}) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (7)$$

При этом для всех единичных значений в матрице (7) фрагменты изображений сохраняют свою локальную регулярность на подмножестве выхода. Для нулевых значений матрицы (7) регулярность преобразованного изображения на выходе нарушается. Рас-

смотрим, к примеру, перемещение какой-либо точки (x, y) , спроецированной на вход ВОСК. В локальной системе координат расстояние, которое проходит указанная точка на входе за некоторое время Δt , равно $l = id$ ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

Благодаря комбинаторным преобразованиям на выходе ВОСК прообраз указанной точки может случайным образом, скачком, переместиться на расстояние $id \leq l^* \leq nd$. Таким образом, при небольших перемещениях объекта на входе детектора внимания, на его выходе формируется фрагмент детерминированного хаотического процесса, который может рассматриваться системой технического зрения как визуальное вероятностное событие, которое может квалифицироваться как фактор настороженности.

Выводы.

1. Построена модель функции внимания в системе технического зрения, основанная на оценке фактора неожиданности.
2. Для исследования модели фактора неожиданности в систему введены волоконно-оптические детекторы внимания с комбинаторной нерегулярностью.
3. Для практической реализации моделей предложено использовать волоконно-оптический системный канал.

Список литературы: 1. *Бондаренко М.Ф., Бурцев В.Н., Бурцев Вл.Н., Ерохин А.Л.* Моделирование стохастических процессов и их применение в практической психологии // Системный анализ, управление и информационные технологии. Вестник ХГПУ: Сборник научных трудов. 2000. Вып. 99. С. 11-14. 2. *Числин Н.И.* Эргодические свойства цепей Маркова с переменным числом состояний и модель устойчивого развития психики // Проблемы бионики. 1998. Вып. 49. С. 141-146. 3. *Абдусаматов Р.М., Беркенблит М.Б., Фельдман А.Г., Чернавский А.В.* Моторика и интеллект // Интеллектуальные процессы и их моделирование. М.: Наука, 1987. С. 13-39. 4. *Зенкин Г.М., Петров А.П.* Функциональная организация зрительного процесса и принцип гельштата // Интеллектуальные процессы и их моделирование. М.: Наука, 1987. С. 265-293. 5. *Корнелюк В.А., Давыдов Д.М.* Использование цветодинамических приборов для комнат психологической разгрузки персонала // Новые промышленные технологии. Минатом. Вып. 4 (279). 1997. С. 82-90. 6. *Колесников Д.О., Шабанов-Кушнарченко Ю.П.* О природе субъективных состояний // Проблемы бионики. - 1999. Вып. 50. С. 30-37. 7. *Федоров Л.И.* Эндогенные ритмы организма как факторы модуляции параметров стимуляции // Биофизика. 1996. Т. 41, Вып. 3. С. 718-724. 8. *Бурцев Вал. Н., Гнусов Ю.В., Ерохин А.Л.* Формализация модели оптического волоконного системного канала // Проблемы бионики. 2002. Вып. 56. С. 34-38. 9. *Капани Н.* Волоконная оптика. Принципы и применение. М.: Мир, 1969. 461 с. 10. *Бурцев Вал. Н., Бурцев Вл.Н., Ерохин А.Л.* Исследование стохастических процессов комбинаторно-топологического преобразования информации. Сообщение 1 // Радиоэлектроника и информатика. 2001. № 4(13). С. 44-48. 11. *Принцип комбинаторно-топологических преобразований первичной информации невербального типа в цветодинамические изображения и феномен их влияния на психофизиологическое состояние человека: Свидетельство о регистрации авторских прав ПА №1240 от 25.06.1998. Госагентство Украины по авторским и смежным правам / В.Н. Бурцев, Вл.Н. Бурцев. 8 с. 12. *Патент № 2124747 России, МКИ G02В 6/04.* Волоконно-оптический преобразователь изображений / В.Н.Бурцев, Вл.Н.Бурцев; Опубл. 10. 01. 1999. Бюл. № 1. 14 с.*

Поступила в редакцию 15.09.2003.