



ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

А.Ю. Кручинин (ГОУ ВПО "Оренбургский государственный университет")

Предложен подход к оптимизации процесса распознавания образов в режиме РВ, позволяющий достигнуть компромисса между рисками ущерба от ошибок распознавания и производительностью.

Ключевые слова: управление процессом, распознавание образов, сложность распознавания, достоверность, репрезентативность данных, оптимизация, критерий оптимальности, РВ.

В данной работе описывается отдельный класс систем распознавания образов (СРО) — СРО реального времени. Главный параметр этих систем — время, за которое должно произвестись распознавание. Примером использования СРО РВ являются: система слежения для выбора направления и скорости движения робота; система оптимизации геофизических исследований буровых скважин [1], где распознавание характеристик пластов позволяет непосредственно при осуществлении работ выбирать скорость движения каротажного зонда; адаптивная система детектирования движения с видеокамер [2] и т.д.

Особенностью всех представленных СРО РВ является то, что их использование не ограничивается автоматизацией того или иного ТП, например, исследования скважин или движения робота. Помимо этого в системах осуществляется выбор оптимального алгоритма распознавания и его параметров — происходит управление процессом распознавания образов в РВ.

Цель управления процессом распознавания образов сформулирована в работе [3] и заключается в минимизации математического ожидания расходов, связанных с реализацией процесса распознавания, то есть необходимо обеспечить минимум функционала:

$$U_p(R') = M[\bar{U}_\omega(R')],$$

где $\bar{U}_\omega$ — усредненное значение расходов по всем возможным цепочкам развития экспериментов, определяемым последовательным правилом R' , на принятие решения о принадлежности объекта ω к какому-то классу из множества классов. Иными словами, необходимо минимизировать возможные затраты связанные с распознаванием образов.

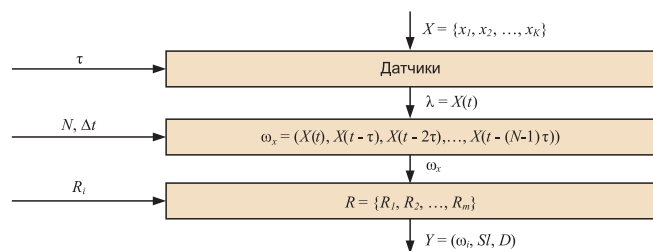


Рис. 1. Модель процесса распознавания образов в РВ

В той же работе было предложено использовать алгоритм управления процессом распознавания образов, который базируется на последовательных алгоритмах оптимизации [4]. Однако данную методику трудно применить при автоматизированном распознавании образов в РВ, то есть при непрерывном потоке информации от объектов, когда анализ очередной порции информации возможен только один раз и в отведенный период времени.

Под процессом распознавания образов в РВ будем понимать процесс, в котором для распознавания через некоторый интервал времени Δt поступает неизвестный образ или группа образов. Время распознавания ограничено и не может превышать Δt .

Процесс распознавания образов в РВ характеризуется следующими компонентами

$$Prr = (X, \lambda, \tau, \omega_x, N, \Delta t, R),$$

где X — признаки неизвестного образа(-ов), $X = \{x_1, x_2, \dots, x_K\}$, K — число признаков; λ — поток информации, формируемый датчиками, которые через интервал времени τ передают очередную группу признаков $\lambda = X(t)$; ω_x — неизвестный образ или группа образов, $\omega_x = \{\omega_{x1}, \omega_{x2}, \dots, \omega_{xL}\}$, L — число образов; N — объем данных, описывающий неизвестный образ(-ы) поступает(-ют) для распознавания; R — множество алгоритмов распознавания и вариаций одного алгоритма, $R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$, m — число алгоритмов и вариаций.

На рис. 1 представлена модель процесса распознавания образов в РВ.

Некоторыми датчиками через период времени τ фиксируются признаки X от какого-то объекта (например через видеокамеру). В результате формируется поток данных λ , характеризующий неизвестный образ ω_x . Образ поступает на распознавание алгоритмом R_i , который выдает на выход Y : а) наиболее вероятный образ ω_i из БД образов $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_l\}$, l — число эталонных образов; б) оценку сложности распознавания SI для ω_x ; в) оценку достоверности результата D .

Понятие сложности распознавания характеризует меру близости образов и определяется как вероят-

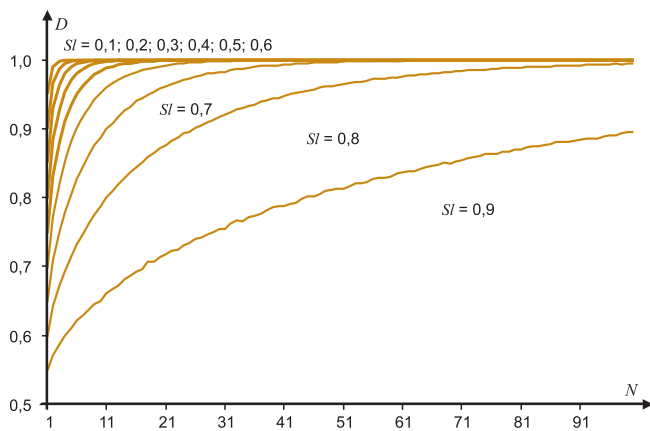


Рис. 2. Зависимости достоверности результатов от сложности распознавания и репрезентативности данных ($SI = 2(1-D)$ при $N = 1$)

ность ошибки распознавания ε [5]. Пусть имеются два образа, характеризуемые единственным признаком, вероятностные распределения которых пересекаются. Есть датчик, который фиксирует одно значение признака и передает на блок распознавания. При проведении достаточного репрезентативного числа испытаний можно вычислить вероятность ошибки ($\varepsilon = 1 - D$), которая и характеризует сложность распознавания. Максимальная вероятность ошибки для двух образов равна 0,5 (при идентичности вероятностных распределений), поэтому $SI = 2\varepsilon$ (сложность распознавания измеряется в диапазоне 0...1 [5]). Однако в большинстве задач распознавания образов можно фиксировать не 1, а N значений признаков. Зависимость достоверности от сложности распознавания и репрезентативности данных представлена на рис. 2.

Зная сложность распознавания образов, можно определить, какая статистическая достоверность соответствует для текущей репрезентативности данных.

Помимо статистической существует единичная достоверность [5], рассчитываемая для одного конкретного случая. В самом простейшем случае, при вероятностном подходе к распознаванию образов, единичная достоверность вычисляется по следующим выражениям:

$$P(A) = \prod_{i=1}^N P_A(x_i), \quad P(B) = \prod_{i=1}^N P_B(x_i), \quad D_e = \frac{P(A)}{P(A) + P(B)},$$

где $P_A(x_i)$, $P_B(x_i)$ — вероятность отнесения неизвестного образа к A и B по значению x_i ; $P(A)$, $P(B)$ — общие значения вероятностей образов A и B ; D_e — единичная достоверность.

При большом значении N единичная достоверность приближается к статистической:

$$\lim_{N \rightarrow \infty} D_e = D.$$

Однако при малых значениях N значение D_e может сильно отличаться от D и находиться в интервале значений (рис. 3).

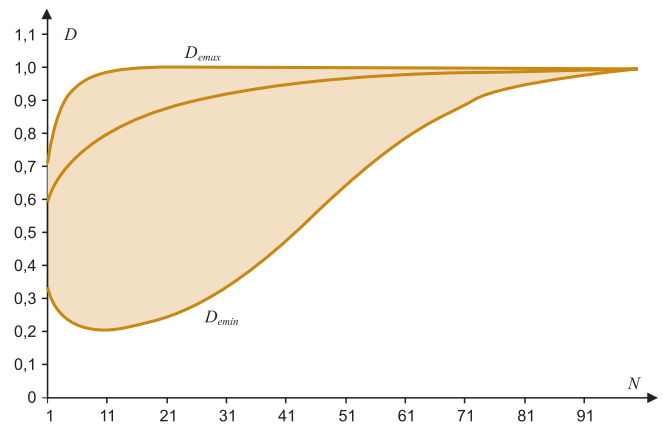


Рис. 3. Интервал единичной достоверности $[D_{\min}, D_{\max}]$ для уровня значимости 0,1 при сложности распознавания 0,8

Задача распознавания образов в РВ отличается тем, что ее нужно решить в строго оговоренный срок времени с максимально возможной и достаточной для заданных условий вероятностью правильного решения. Целевая функция (E) процесса распознавания образов в РВ определяется достоверностью распознавания:

$$E = \max D = \max R_{ID}(\omega_x), \quad \Delta t_D \leq \Delta t, \quad D_3 \leq D, \quad (1)$$

где R_{ID} — функция распознавания, возвращающая оценку достоверности; Δt_D — интервал времени, потраченный на распознавание образа ω_x ; D_3 — заданное на начальном этапе минимальное значение достоверности распознавания. Если система распознавания будет работать ниже этого уровня, то она не соответствует условию задачи и нуждается в модернизации.

На рис. 1 показано, что процессом распознавания образов в РВ можно управлять при помощи параметров τ , N , Δt , R_i . В каждой конкретной ситуации необходимо принимать решение о выборе режима распознавания образов, чтобы обеспечить максимум целевой функции (1).

Задача выбора алгоритма распознавания в каждой конкретной ситуации была сформулирована в [6], а подход к ее решению получил название алгебраического. Суть подхода заключается в следующем: когда на вход системы распознавания поступает неизвестный образ, то процедура его отнесения к соответствующему классу может быть подразделена на два этапа.

Этап 1. Вычисляется мера близости неизвестного объекта с каждым классом.

Этап 2. В соответствии с тем или другим правилом на основании информации, полученной на этапе 1, принимается окончательное решение о принадлежности неизвестного образа соответствующему классу.

Однако при управлении процессом распознавания в СРО РВ возникают два дополнительных аспекта: во-первых, время на проведение этапа 1 и 2 ограничено, а алгоритмы распознавания могут быть настолько разные (например, классификация по Байесу или корреляционный метод), что мера близости для них вычис-

Вечность есть образ, созданный из времени.

Хорхе Луис Борхес

ляется по-разному; во-вторых, если достоверность распознавания недостаточна, то можно собрать больше данных, повысив тем самым репрезентативность выборки, характеризующей неизвестный образ.

СРО РВ непрерывно получает информацию от окружающего мира, то есть на вход блока распознавания поступают неизвестные образы:

$$\omega_x = f(t): f(t_1) = \omega_{x1}, f(t_2) = \omega_{x2}, \dots$$

В данном случае неизвестный образ ω_x — это функция, зависящая от времени. Каждый образ характеризуется N и Δt .

Управление процессом распознавания разделяется на две части [5]:

- управление потоком поступающей информации на блок распознавания через устройства и программы, взаимодействующими с объектом и передающими данными;
- управление параметрами распознавания — выбором методов и их характеристик, баз эталонных образов ($R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$).

В самом простом случае управлять потоком данных можно через $U = (N, \Delta t, \tau)$, то есть существуют различные управляющие комбинации $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, где n — число комбинаций управления потоком данных.

Помимо целевой функции процесса распознавания (1) налагается еще одно ограничение по минимальной производительности работы системы, иначе можно будет бесконечно увеличивать репрезентативность данных с помощью U . Поэтому в общем случае целевая функция управления процессом распознавания в РВ имеет следующий вид:

$$E_u = \min Z(D, P), \Delta t_D \leq \Delta t, D_3 \leq D, P_3 \leq P, \quad (2)$$

где P_3, P — соответственно заданная и фактическая производительность работы СРО РВ.

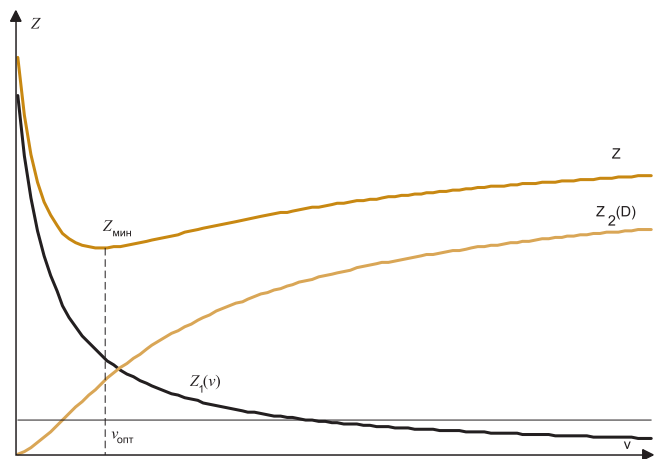


Рис. 4. Графики материальных затрат Z от скорости движения каротажного зонда v ; где Z_0 — затраты, независимые от скорости; Z_1 — затраты от производительности; Z_2 — затраты, определяемые достоверностью результата

Если целевая функция E определяется для блока распознавания, то E_u — для системы управления процессом распознавания в целом. Производительность и затраты определяются для различных систем по-разному. Так, для геофизических исследований скважин [1] график материальных затрат представлен на рис. 4.

Задача распознавания образов в РВ решается в три этапа.

Этап 1. Задаются начальные параметры распознавания (R) и формирования образов (U).

Этап 2. Осуществляется распознавание неизвестного образа вместе с оценками сложности и достоверности.

Этап 3. По значениям оценок сложности и достоверности распознавания определяется и устанавливается новый режим процесса распознавания $K = \{R_i, U_j\}$, где i — алгоритм распознавания, j — режим формирования неизвестного образа. Если не было остановки системы с использованием внешних средств, то происходит переход на этап 2.

Модель системы управления процессом распознавания образов в РВ представлена на рис. 5 [5].

На вход модели поступает заданное значение достоверности распознавания D_3 , производительность P_3 и вектор параметров:

$$V = \{U_0, U_{R0}, [U_{\min}, U_{\max}], [R_{\min}, R_{\max}], K^*\},$$

где U_0, U_{R0} — начальные значения параметров управления; $[U_{\min}, U_{\max}], [R_{\min}, R_{\max}]$ — диапазоны изменения параметров управления; K^* — критерий оптимальности, в качестве которого выступает целевая функция (2).

Блок взаимодействия с объектом предназначен для воздействия U^* на объект исследования, для регистрации и обработки информации X , поступающей от объекта. Интенсивность потока информации λ определяется числом и характеристиками датчиков, а также режимами работы средств регистрации блока взаимодействия. В блоке распознавания осуществляется идентификация неизвестного образа ω , оценка сложности распознавания SI и достоверности D . В блоке управления устанавливается оптимальный режим распознавания с параметрами, вычисленными для конкретного случая.

Процесс управления показан на рис. 6. На этапе 1 устанавливаются начальные значения режима распознавания. На этапе 2 распознается неизвестный

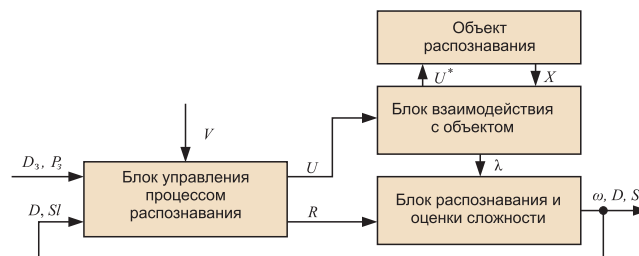


Рис. 5. Модель системы управления процессом распознавания в РВ

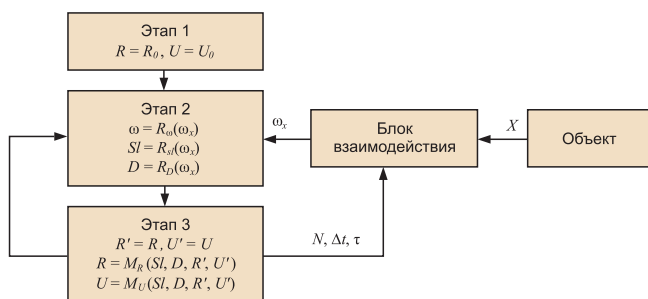


Рис. 6. Модель управления процессом распознавания образов в РВ

образ, вычисляется его сложность и достоверность. На этапе 3 необходимо принимать решения о выборе оптимального режима с помощью некоторой функции управления M .

Задача выбора оптимального режима распознавания образов сходна с задачей из теории игр с природой [7]. Модель выбора оптимального режима процесса распознавания определяется в виде матрицы режимов (таблица). Строки матрицы соответствуют алгоритму распознавания, а столбцы — параметрам управления потоком данных. Каждый элемент матрицы содержит оценки возможных экономических (или других) затрат E_{ij} .

Для каждого алгоритма распознавания выбирается режим с минимальными затратами, который записывается в правый столбец. Из правого столбца выбирается элемент с наименьшими затратами.

Предложенный способ оптимизации позволяет в РВ подстраивать систему распознавания образов к поступающим из окружающего мира данным, что повышает эффективность работы. Данный подход был опробован

Таблица. Матрица режимов

R	U				E_u
	U_1	U_2	...	U_n	
R_1	$E_u(R_1, U_1)$	$E_u(R_1, U_2)$	...	$E_u(R_1, U_n)$	E_{u1}
R_2	$E_u(R_2, U_1)$	$E_u(R_2, U_2)$	...	$E_u(R_2, U_n)$	E_{u2}
...	...	...	...	...	...
R_m	$E_u(R_m, U_1)$	$E_u(R_m, U_2)$	...	$E_u(R_m, U_n)$	E_{um}

при моделировании выбора скорости каротажного зонда для геофизических исследований скважин, при построении системы детектирования движений на основе принципа разумной достаточности затрат.

Список литературы

1. Кручинин А.Ю., Аралбаев Т.З. Оптимизация геофизических исследований скважин на основе многофакторной имитационной модели // Вестник Самарского государственного университета, серия "Технические науки". 2007. № 2 (20).
2. Кручинин А.Ю. Повышение эффективности систем детектирования движений на основе принципа разумной достаточности // Тр. XI междуна. научно-технич. конф. "Информационно-вычислительные технологии и их приложения". Пенза: РИО ПГСХА, 2009.
3. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. М.: Высш. шк. 2004.
4. Михалевич В.С. Последовательные алгоритмы оптимизации и их применение // Кибернетика. 1977. №1, 2.
5. Кручинин А.Ю. Управление процессом распознавания образов в РВ // Автоматизация и современные технологии. 2010. №3.
6. Журавлев Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания и классификации // Проблемы кибернетики. М.: Наук. 1978. Вып. 33.
7. Абчук В.А. Экономико-математические методы: элементарная математика и логика. Методы исследования операций. М.: Союз. 1999.

Кручинин Александр Юрьевич — канд. техн. наук, старший преподаватель ГОУ ВПО "Оренбургский государственный университет".

Контактный телефон (3532) 27-09-12.

E-mail: kruchinin-al@mail.ru

Datastream Solutions CIS оптимизирует

систему управления ремонтами ОАО "СИБУР – Русские Шины"

Компания Datastream Solutions CIS объявляет о старте первого этапа проекта по внедрению современной системы технического обслуживания и ремонтов (ТОиР) на предприятиях ОАО "СИБУР – Русские Шины": "Волтайр-Пром", "Ярославский шинный завод" и "Омскшина". Внедряемое решение включает: построение бизнес-процессов оперативного планирования и диагностирования, преобразование ремонтной службы (выделение планировщиков и персонала для проведения инспекций), обучение специалистов завода. В рамках проекта предполагаются изменения в формировании потребности в запасных частях и материалах, в работе с нормативно-справочной информацией.

Проект отличается комплексностью и охватывает процессы управления ремонтами по всему предприя-

тию. Внедрение передовых методик ТОиР сочетается с параллельным внедрением системы Infor EAM, с помощью которой производится поэтапная автоматизация ремонтных процессов в соответствии с внесенными организационными изменениями. При этом проект учитывает лучшие достижения завода. Так, электронные терминалы по сбору заявок на техническое обслуживание оборудования, использующиеся на предприятии, будут интегрированы с Infor EAM для улучшенного планирования ремонтных работ и прогнозирования поломок.

Пилотный проект оптимизации ТОиР для ОАО "Волтайр-Пром" завершится в мае 2011 г. По его окончании будет произведено тиражирование решения на остальных предприятиях ОАО "СИБУР – Русские Шины".

[Http://www.datastream.ru](http://www.datastream.ru)