

Извлечение биометрических признаков путем анализа походки человека на основе методов нелинейной динамики

Сазонов В.А.; Тихоненко С.Г.

Кафедра интеллектуальных систем, ФРФиКТ

Белорусский государственный университет

Беларусь, г. Минск

e-mail: viachaslau.sazonau@gmail.com; siarhei.tsikhanenka@gmail.com

Аннотация — долгое время походка человека рассматривалась как периодический либо квазипериодический процесс, поэтому она анализировалась главным образом с помощью статистических методов. Однако последние исследования в биологии и медицине показывают хаотическую природу физиологических ритмов человека, а также его походки в связи с адаптацией к комплексной окружающей среде. Анализ записей походки человека на основе методов нелинейной динамики представляется перспективным для выявления эффективных идентификационных признаков личности.

Ключевые слова: походка, нелинейная динамика, обработка сигналов, биометрия, идентификационные признаки, распознавание образов, системный анализ

I. ВВЕДЕНИЕ

Походка человека является одним из биометрических признаков человека, обладающих следующими преимуществами: возможность бесконтактной процедуры сбора идентификационных признаков на значительном удалении от объекта и относительная устойчивость к изменению внешних условий. Это открывает новые возможности и является существенным фактором для систем видеонаблюдения, где осуществляется сбор признаков для составления антропометрического портрета личности, а также анализ зон наблюдения на наличие, например, критических или потенциально опасных ситуаций, связанных с неадекватным поведением человека или группы людей. Данные исследования также являются актуальными в медицинских приложениях при автоматическом предварительном диагностировании заболеваний человека или анализе его физиологического состояния.

II. ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ДВИЖУЩЕГОСЯ СИЛУЭТА

Наделение походки человека статусом биометрического признака наряду с изображением лица и отпечатками пальцев определяет повышенный интерес ученых к изучению походки и активные исследования в данной области. В настоящее время разработаны различные алгоритмы анализа походки человека и сбора идентификационных признаков, главным образом использующие в качестве источника информации видеопоток. Существующие подходы можно разделить на две группы: основанные на анализе изменения формы силуэта движущегося человека со временем при анализе видеопоследовательностей, и подходы, основанные на создании модели походки [1]. В первом случае рассматриваются различные формы ключевых положений эталонных образов идущего человека (усредненного силуэта) и используются дескрипторы формы силуэта (такие, как Фурье-дескрипторы, вейвлет-дескрипторы, моменты Зернике и др.), извлекаемые путем обработки изображения. Во втором случае используется построение различных структурных и биомеханических моделей идущего

человека, описание которых проводится на основе представления и моделирования человеческого тела как механической системы с помощью соединенных шарнирами частей, на движение которых накладываются определенные ограничения [2].

III. СИСТЕМА СБОРА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

В настоящее время постоянное развитие компьютерных технологий предоставляет возможности для появления интеллектуальных систем, анализирующих потоки данных в реальном масштабе времени. Подобные системы, способные обрабатывать и анализировать полученные данные, а также принимать решения на основе полученной информации либо своевременно реагировать на критические события, генерируя соответствующие сигналы тревоги, приобретают всё возрастающее значение, так как могут оказать ценную помощь человеку, автоматизируя определенные стадии процесса идентификации либо предоставляя дополнительные возможности для сбора биометрических признаков.

Общая схема системы идентификации включает в себя блок извлечения биометрических признаков на основе анализа входных данных, а также функциональный блок, осуществляющий в зависимости от режима работы операцию обучения либо идентификации (рис. 1).

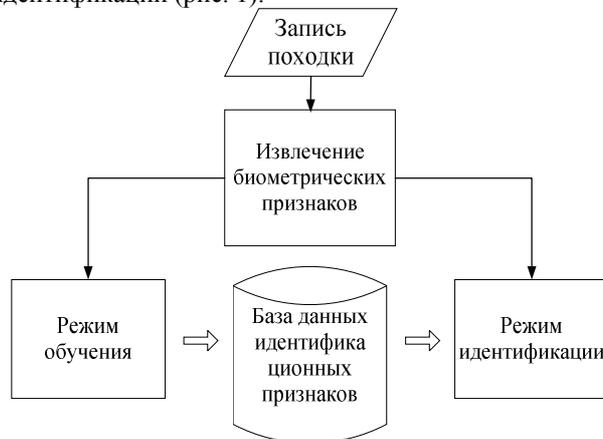


Рис. 1. Структурная схема системы идентификации человека по походке на основе сбора биометрических признаков

Результатом операции обучения является сохранение в базе данных идентификационных признаков, полученных на основе биометрических признаков, извлеченных из входных данных. В режиме идентификации система считывает из базы данных идентификационные признаки и сравнивает их с признаками, полученными за счет обработки и анализа поступающих входных данных.

IV. ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ В КАЧЕСТВЕ ЗАПИСЕЙ ПОХОДКИ

В данной работе в качестве анализируемых сигналов используются временные записи (ряды), полученные путем измерения силы давления стопы во время ходьбы (рис. 2).

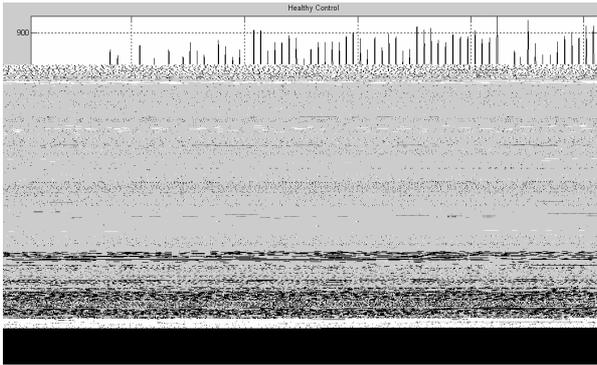


Рис. 2. Пример записи походки

Указанные записи походки обладают высокой степенью периодичности, что подтверждает спектральный анализ и построение автокорреляционных функций временных рядов. В данных условиях значительный интерес представляет использование методов нелинейной динамики, направленное на извлечение персональных особенностей походки, которые являются следствием приспособления к изменяющимся условиям окружающей среды и диктуются работой нервной системы.

V. АНАЛИЗ ЗАПИСЕЙ ПОХОДКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

Анализируемые записи походки имеют вид дискретного ряда:

$$\{x_i\}_{i=1}^N \quad (1)$$

Одной из основных характеристик динамической системы служит фазовое пространство, которое позволяет связать с анализируемой реализацией наглядный образ. Реконструкция фазового пространства осуществлялась методом запаздывания [3]:

$$X_i = (x_i, x_{i-p}, x_{i-2p}, \dots, x_{i-(m-1)p}), \quad (2)$$

где p - фиксированное целое. При переборе по i вектор X_i задает дискретный набор точек m -мерного пространства, образующих траекторию. Возникающее в результате изображение представляет собой реконструированный портрет аттрактора. Портрет аттрактора дает возможность сделать качественные заключения о поведении соответствующей динамической системы, в данном случае моделирующей процесс походки конкретного индивидуума, представленный временным рядом. На рис. 3 изображены примеры реконструированных аттракторов по записям походки для здорового человека (а) и с болезнью Паркинсона в начальной стадии (б). Анализ реконструированных аттракторов показывает большую степень расхождения фазовых траекторий для аттрактора (б), что свидетельствует о неустойчивости и нестабильности процесса (рис. 3).

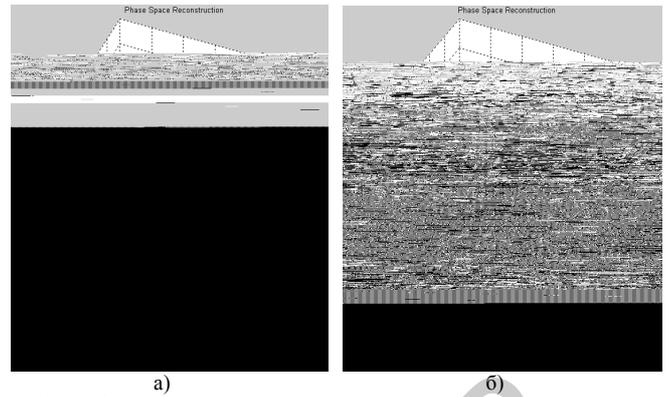


Рис. 3. Реконструкция фазового пространства на основе записи походки: а) здорового человека; б) с болезнью Паркинсона в начальной стадии

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Способ получения реконструированных аттракторов для записей походки задает ориентиры для извлечения биометрических признаков, характеризующих физиологическое состояние нервной системы индивидуума. Ключом к выделению и количественной оценке данных признаков может служить степень расходимости траекторий реконструированного аттрактора. Характеристикой неустойчивости траектории фазового пространства служит спектр показателей Ляпунова. Старший показатель может быть оценен на основании анализа реконструированного аттрактора и соответствующего временного ряда [4].

Одной из возможных областей применения результатов являются системы безопасности, реагирующие на различные критические ситуации, связанные, например, с неадекватным поведением отдельного человека или группы лиц. Другое направление применения включает медицинские приложения, связанные с автоматической предварительной диагностикой заболеваний человека, предвестия развития которых начинают проявляться в работе мускулатурно-двигательного аппарата и, следовательно, могут быть автоматически детектированы системой анализа походки. К таким заболеваниям относятся, например, болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера. Следует отметить, что предвестия развития данных заболеваний чрезвычайно сложно диагностировать врачу, наблюдающему процесс походки человека. Автоматическая система анализа походки пациента на этапе установления предварительного диагноза может дать полезную информацию о вероятном развитии заболевания и возможность принять соответствующие лечебно-профилактические меры.

[1] M.S. Nixon, J.N. Carter "Automatic Recognition by Gait", Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No.11, November 2006.

[2] Bir Bhanu, Ju Han "Individual Recognition by Kinematic-based Gait Analysis", Center for Research in Intelligent Systems, University of California, USA, IEEE, 2002.

[3] L.M. Decker, F. Cignetti, N. Stergiou "Complexity and Human Gait", Revista Andaluza de Medicina del Deporte, 2010; 3(1):2-12.

[4] Кузнецов С. П. Динамический хаос (курс лекций).— М.: Издательство физико-математической литературы, 2001.