Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. В. Ермоленко, Аспекты нечетко-нейросетевой поддержки принятия решений при идентификации автора почерка, *Нечеткие системы и мягкие вычисления*, 2017, том 12, выпуск 2, 97–105

DOI: <https://doi.org/10.26456/fssc25>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 3.85.183.62

26 апреля 2023 г., 13:37:05

АСПЕКТЫ НЕЧЕТКО-НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ АВТОРА ПОЧЕРКА

Ермоленко А.В.

Академия управления МВД России, г. Москва
Управление Росгвардии по Калужской области, г. Калуга

Поступила 03.09.2017, после переработки 08.12.2017.

В работе рассмотрены аспекты поддержки принятия решений при идентификации автора рукописного текста. Предложен оригинальный метод формирования признаковой базы уникальных характеристик почерка на основе строкового и межбуквенного анализа. Модифицирован критерий информативности и показана разделимость признаковой базы.

Ключевые слова: нейросеть, идентификация почерка.

Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2017. Т. 12, № 2. С. 97–105.
<https://doi.org/10.26456/fssc25>

Введение

Современные методы обработки информации, а также решения задач управления на основе нейронных сетей и нечетких множеств, призваны оказать поддержку лицу принимающему решение (ЛПР), не являющемуся профессионалом в обрабатываемой экспертной области. Разработка таких средств актуальна для крупных социальных систем и позволяет совершенствовать процессы принятия решений (ППР) не только снижением человеческого фактора, но и оптимизацией временных и ресурсных затрат на принятие решения. Одной из сфер эффективного применения таких информационных технологий является установление подлинности рукописного документа. Очевидно при этом, что замена рукописного документооборота аутентичным электронным для многих направлений деятельности социальных систем затруднительна и/или нецелесообразна.

В практической деятельности экспертно-криминалистических подразделений МВД РФ решаются задачи по высококвалифицированному установлению автора почерка. Разработаны и апробированы различные комплексы автоматизации ручной работы эксперта-криминалиста. Однако работа данных комплексов ориентирована на эксплуатацию узкими профессионалами и не предназначена для скоростной обработки больших объемов данных. Комплексы оценки подлинности рукописных документов для больших социальных систем, которые не только автоматизируют труд почерковедов, но и идентифицируют автора, развиты слабо. Достоинства мягких вычислений и нейронных сетей в тандеме с современными возможностями компьютерной обработки информации используются не в полном объеме.

1. Модель управления

Вневедомственная охрана Росгвардии представляет собой сложную социальную систему организации, штат сотрудников которой составляет более 125 тыс. человек. Основное место в дереве целей вневедомственной охраны занимает недопущение краж с охраняемых объектов и квартир (A_1), количество которых на сегодня превышает 1.5 млн. Вместе с тем, охрана факультативно решает ряд иных важных социально-экономических задач. Ежегодно подразделения ОВО перечисляют в бюджет России свыше 42 млрд. руб (A_2). При этом сотрудниками групп задержания (ГЗ) вневедомственной охраны раскрывается ежегодно более 50 тыс. преступлений (A_3), разыскивается свыше 6 тыс. лиц находящихся в розыске (A_4) и пресекается более 2.5 млн. административных правонарушений (A_5). Стабилизирующую роль институт вневедомственной охраны наиболее выражено играет в малых городах, являясь единственной круглосуточной службой правопорядка, а в отдельных населенных пунктах и в принципе единственным органом власти (A_6).

Формализованная модель управления подразделением вневедомственной охраны тактического звена управления представима в следующем виде:

$$\langle S_0, T, Q, \perp S, A, B, Y, f, K, Y^* \rangle, \quad (1)$$

где: S_0 — проблемная ситуация; T — время на принятие решения; Q — потребные для принятия решения ресурсы; $S = (S_1, \dots, S_n)$ — множество альтернативных ситуаций, доопределяющих проблемную ситуацию S_0 ; $A = (A_1, \dots, A_K)$ — множество целей, преследуемых при принятии решения; $B = (B_1, \dots, B_j)$ — множество ограничений; $Y = (Y_1, \dots, Y_m)$ — множество альтернативных вариантов решения; f — функция предпочтения ЛПР; K — критерий выбора решения; Y^* — оптимальное решение [1].

Нами изучены проблемные звенья формализованной модели управления, с учетом имеющихся ресурсов и ограничений, с целью решения задачи оптимизации в условиях многокритериальности. Проведенный анализ повседневной деятельности ЛПР изучаемой социальной системы показал, что актуальным аспектом является недопущение принятия решений по фальсифицированным рукописным документам. При этом важна работа с рукописными документами не только внешних заявителей, но и собственных сотрудников организации [2].

Исследования показали, что одним сотрудником договорной службы в день обрабатывается более 40 рукописных заявлений внешних контрагентов. При этом сильны влияния сезонных компонент, в отдельные временные периоды мультипликативно увеличивающих данный показатель. Вместе с тем, анализ внутреннего рукописного документооборота организации показал, что поверхностной проверке в типовом подразделении в конце месяца подвергается более 15 тыс. подписей, что вызывает отвлечение трудового времени работника бухгалтерии минимум на 3 рабочих дня и несет под собой затрат только лишь зарплатного фонда в 6 тыс. руб. на одного сотрудника. При этом не приходится говорить о качестве такой экспертной оценки.

Таким образом, в процессе управленческой деятельности имеется необходимость в экспертной поддержке принимаемых решений средствами искусственного интеллекта. Эти средства должны быть ориентированы на разработку новых методов и моделей идентификации почерка.

2. Синтез решающей модели

В основе предлагаемой системы поддержки принятия решения (СППР) лежит нечетко-нейросетевая идентификация (Рис. 1).

Рис. 1: Архитектура СППР

Проведенный в ходе исследований анализ показал, что различные характеристики почерка по-разному подчеркивают уникальность его автора [3]. В целях оценки информативности характеристик почерка и их уравнивания разработана модификация критерия Шеннона (2), несколько упрощенная по сравнению с оригинальной, в целях снижения алгоритмической сложности решающей модели:

$$\mu_j = \frac{\int_{false_min_j}^{t_per_j} f_false_j(x) dx + \int_{t_per_j}^{true_max_j} f_true_j(x) dx}{\int_{false_min_j}^{false_max_j} f_false_j(x) dx + \int_{true_min_j}^{true_max_j} f_true_j(x) dx}. \quad (2)$$

Идентификация внутри групп параметров рукописного текста реализована посредством нейронных сетей. При создании идентификационного модуля изучены и опробованы возможности применения различных топологий нейронных сетей, в том числе самоорганизующихся, радиально-базисных и вероятностных. Вместе с тем, проведенные исследования показали, что, с учетом наличия в ОВО априорно достоверного образца почерка, оптимальной решающей моделью является сеть обратного распространения ошибки с формированием обучающей выборки формализацией почерковых характеристик исходного образца.

Решение задачи классовой идентификации образцов почерка решается в терм-паре «подлинник»-«фальсификация», в связи с чем формирование обучающих и тестирующих выборок F_O , T_O , F_T , T_T синтезируемых нейронных сетей реализовано в разностном представлении:

$$O = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_N \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} x_1^1 - x_2^1 & x_1^2 - x_2^2 & x_1^M - x_2^M \\ x_1^1 - x_3^1 & x_1^2 - x_3^2 & x_1^M - x_3^M \\ \dots & \dots & \dots \\ x_1^1 - x_N^1 & x_1^2 - x_N^2 & x_1^M - x_N^M \\ x_2^1 - x_3^1 & x_2^2 - x_3^2 & x_2^M - x_3^M \\ x_2^1 - x_4^1 & x_2^2 - x_4^2 & \dots & x_2^M - x_4^M \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_2^1 - x_N^1 & x_2^2 - x_N^2 & x_2^M - x_N^M \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N-1}^1 - x_N^1 & x_{N-1}^2 - x_N^2 & x_{N-1}^M - x_N^M \end{pmatrix},$$

что позволяет увеличить размерность выборки до $\dim(O) = M \times \frac{N(N-1)}{2}$, $M = M_1 + M_2$, где M_1 — грубая (строковая), а M_2 — тонкая (символьная) группа параметров.

В целях поиска оптимального баланса алгоритмической сложности (по ресурсным и временным ограничениям принятия решения) и качества идентификации исследованы различные методики обучения сети. Проведенный анализ показал, что для обучения сети градиентным спуском в базисе сформированной признаковой базы характерно переобучение сети. Альтернативный метод Левенберга-Марквардта показал высокую скорость обучения, но низкую сходимость. Оптимальным по скорости сходимости и минимизации ошибок обучения $E_L = \sum_{X \in X} \|G(X) - Y\|$ и обобщения $E = \|G - F\|$ установлен квазиньютоновский алгоритм, для которого градиент функции k -го шага g_k определен произведением $B_k P_k = -g_k$ аппроксимирующей Гессиян матрицы B_k на очередное направление спуска P_k . *BFGS* формула пересчета определяема в данной методике обучения как

$$P_{k+1} = -g_{k+1} + \frac{(S_k, g_{k+1}) Y_k + (Y_k, g_{k+1}) S_k}{(Y_k, S_k)} - \frac{(S_k, g_{k+1})}{(Y_k, S_k)} \frac{1 + (Y_k, Y_k)}{(Y_k, S_k)} S_k,$$

где $S_k = X_{k+1} - X_k$ — вектор изменения X на k -й итерации, $Y_k = g_{k+1} - g_k$ — соответствующее изменение градиента [4].

3. Выделение характеристик рукописного текста

Детерминация строковых характеристик почерка реализована нами посредством сегментации изображения разбиением на кластерные столбцы, виртуали-

заций кластеров неполных строк, многоступенчатой фильтрацией и аппроксимацией опорной траектории написания строки (Рис. 2).

Рис. 2: Детерминация строковых параметров текста

Аппроксимация опорной траектории позволяет сформировать ортогональную виртуальную линейку, статистический анализ интенсивностей пикселей букв при движении которой формализует 10 общепочерковых (строковых) параметров, а также позволяет выделить отдельные слова для тонкого (символьного) анализа особенностей авторского написания букв и межбуквенных соединений [5].

В основу разработанных методов тонкой символьной идентификации положено кодирование контура символов трапециями (Рис. 3) с динамически изменяемыми основаниями и их последующей фильтрацией.

$\forall Ax_i + By_i = C$ должны удовлетворять условию (3):

$$|\delta| \leq \text{const}, \text{ где } \delta = \frac{Ay_i + Bx_i + C}{\sqrt{A^2 + B^2}}. \quad (3)$$

При этом непосредственная детерминация реализована последовательным описанием символа в представлении графом с формированием статистической матрицы и списка смежности.

Рис. 4: а) матрица, б) список смежности, в) вспомогательный список

Предложенные методы позволяют формализовать 14 характеристик почерка с последующим их включением в СППР. Проведенная в работе оценка информативности позволяет сформулировать вывод о том, что наиболее информативными символьными характеристиками являются углы 3-х лучевых соединений, а из числа строковых характеристик — относительная высота букв и углы наклона.

Нейросетевая идентификация в разработанной модели принятия решения проводится параллельно по строковым и символьным группам параметров. Проведенные исследования показывают, что в ряде случаев (фальсификаций без явного подделывания) грубые (общестроковые) характеристики дают более уверенные показатели идентификации, несмотря на меньшую информативность данных характеристик. В то же время подделка рукописи умышленным копированием стиля почерка более эффективно распознается нейросетевой моделью тонких (межсимвольных) параметров текста. Разработанные нечетко-нейросетевая модель идентификации и методы обработки информации и детерминации уникальных характеристик почерка реализованы в готовое программное обеспечение, позволяющее с доверительным интервалом 0.9 идентифицировать автора почерка в течение 7 секунд компьютерной экспертизы.

Закключение

В результате исследований синтезирована система поддержки принятия решений, позволяющая идентифицировать автора рукописного текста. Проведенный анализ информативности полученных результатов подтверждает, что полученная признаковая база представляет собой разделимые множества. Проанализированы и изучены свойства различных моделей идентификации при условии

формализованного входного набора признаков. Предложена и разработана схема блока принятия решения. Применительно к условиям данной задачи подобрана решающая модель на основе квазиньютоновской BFGS-нейронной сети с методом обучения по обратному распространению ошибки. Разработанное программное обеспечение отлажено и готово к работе, что подтверждено свидетельством Роспатента об официальной регистрации программы № 2007612599.

Список литературы

- [1] Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в пяти томах. Т. 5.: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 744 с.
- [2] Ермоленко В.А., Ермоленко А.В. Поддержка принятия решений при нейросетевой идентификации автора почерка // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. № 5. С. 90–100.
- [3] Белова И.К., Дерюгина Е.О., Ермоленко А.В. Методы контурного анализа при формировании пространства признаков в задаче нейросетевой идентификации // Электромагнитные волны и электронные системы. 2016. Т. 21, № 7. С. 37–45.
- [4] Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры: учебное пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 397 с.
- [5] Кузнецов Д.А., Ермоленко А.В., Корлякова М.О. Методы детерминации уникальных характеристик рукописного текста // Научные технологии в приборостроении и машиностроении и развитие инновационной деятельности в ВУЗе: материалы региональной научно-технической конференции. Т. 1. Калуга: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. С. 221–224.

Образец цитирования

Ермоленко А.В. Аспекты нечетко-нейросетевой поддержки принятия решений при идентификации автора почерка // Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2017. Т. 12, № 2. С. 97–105. <https://doi.org/10.26456/fssc25>

Сведения об авторах

1. Ермоленко Алексей Владимирович

соискатель ученой степени к.т.н. Академии Управления МВД России; заместитель начальника Управления Росгвардии по Калужской области.

Россия, 248021, г. Калуга, ул. Веры Андрианович, д. 56а.

E-mail: ermolenko@rambler.ru

ASPECTS OF FUZZY-NEURAL NETWORK DECISION SUPPORT IN IDENTIFYING THE AUTHOR OF HANDWRITING

Ermolenko Aleksey Vladimirovich

Candidate of scientific degree,
Management Academy of Ministry for Internal Affairs of Russia;
Deputy Head, Rosgvardia Department for the Kaluga Region
Russia, 248021, Kaluga, Very Andrianovoy str., 56a.
E-mail: ermolenko@rambler.ru

Received 03.09.2017, revised 08.12.2017.

Questions of decision-making support on processing of hand-written documents are considered. The author has developed an original allocation method of unique handwriting characteristics on the basis of the line and symbols analysis. The informational content criterion is modified and parametric base divisibility is shown.

Keywords: neural net, hand-writing, clustering, identifications.

Nechetkie Sistemy i Myagkie Vychisleniya [Fuzzy Systems and Soft Computing], 2017, vol. 12(2), pp. 97–105. <https://doi.org/10.26456/fssc25>

References

- [1] *Metody Klassicheskoi i Sovremennoi Teorii Avtomaticheskogo Upravleniya: Uchebnik v Pyati Tomakh* [Methods of Classical and Modern Theory of Automatic Control: a Textbook in Five Volumes]. Vol. 5: *Metody Sovremennoi Teorii Avtomaticheskogo Upravleniya* [Methods of the Modern Theory of Automatic Control]. Eds. by K.A. Pupkov, N.D. Egupov. Bauman MSTU Publ., Moscow, 2004. 744 p. (in Russian)
- [2] Ermolenko V.A., Ermolenko A.V. Decision-making support for neural network hand-written statements author identifications. *Izvestiya Tul'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Tekhnicheskie Nauki* [News of the Tula State University. Technical Sciences], 2016, no. 5, pp. 90–100. (in Russian)
- [3] Belova I.K., Deryugina E.O., Ermolenko A.V. Methods of contour analysis in the formation of feature space in the problem of neural network identification. *Elektromagnitnye Volny i Elektronnyye Sistemy* [Electromagnetic Waves and Electronic Systems], 2016, vol. 21(7), pp. 37–45. (in Russian)
- [4] Komartsova L.G., Maksimov A.V. *Neirokomp'yutery: Uchebnoe Posobie dlya Vuzov* [Neurocomputers: a Textbook for High Schools]. Bauman MSTU Publ., Moscow, 2004. 397 p. (in Russian)

- [5] Kuznetsov D.A., Ermolenko A.V., Korlyakova M.O. Methods of determination of unique characteristics of handwritten text. *Naukoemkie Tekhnologii v Priboro- i Mashinostroenii i Razvitie Innovatsionnoi Deyatel'nosti v VUZe: Materialy Regional'noi Nauchno-Tekhnicheskoi Konferentsii* [High Technology in Engineering and Development of Innovative Activities in University: Proceedings of the Regional Scientific and Technical Conference]. Vol. 1. Bauman MSTU Publ., Kaluga, 2016. Pp. 221–224. (in Russian)

Citation

Ermolenko A.V. Aspects of fuzzy-neural network decision support in identifying the author of handwriting. *Nechetkie Sistemy i Myagkie Vychisleniya* [Fuzzy Systems and Soft Computing], 2017, vol. 12(2), pp. 97–105. (in Russian). <https://doi.org/10.26456/fssc25>