

Комбиниран подход за разпознаване на подписи

Десислава Бояджиева

ИИКТ-БАН



Съдържание

- Цел и задачи на дисертацията
- Разпознаване на подписи
 - Постановка на задачата
- Избор на признаци за он-лайн подписи
 - Предварителна обработка на потока от данни за подписи
 - Извличане на признаци на подпис от графичен таблет
 - Минимизиране на броя на признаците

Съдържание (2)

- Класификация
 - Невронни мрежи
 - Комбинация от класификатори
- Експерименти и резултати
 - База (корпус) от данни за подписи
 - Тестови сценарии
- Потребителски интерфейс
- Основни публикации по темата

Цели и задачи

Цел: Разработване на нов комбиниран метод за разпознаване на подписи

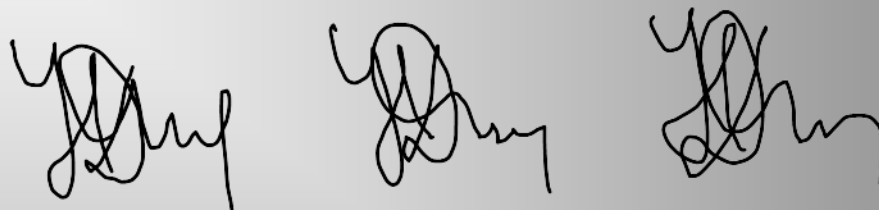
Задачи:

- Събиране на база данни от подписи и публично достъпни бази от данни;
- Извличане на признаци от различен тип, с различна размерност и скала на измерване, както и предложение за включване на нови признаци, неописани в литературата досега (Раздел 2.2);
- Реализация на метод за минимизиране броя на признаците (Раздел 2.3);
- Намиране на оптимален класификатор чрез изследване на индивидуален класификатор и на различни комбинации от класификатори (Глава 4);

Цели и задачи (2)

- Разработка на софтуерен прототип на система за разпознаване на подписи с основни функции: събиране на оригинални и фалшифицирани подписи, визуализация на подписите на потребителите, извличане на признаци, избор на признаци и верификация по тях (Глава 5);
- Провеждане на експерименти със създадената за целта база от подписи, както и с публично достъпна база данни от подписи, анализ на получените резултати в термините на оценка на производителността на системата (грешки от първи и втори род), както и сравнение на получените резултати с тези от други автори (Глава 4).

Разпознаване на подписи



Вътрекласова вариативност на подписи



Оригинален и подправени подписи за потребител

Избор на признаци за он-лайн ПОДПИСИ

- Избор на най-информативните признаци - минимизиране на признаковото пространство, така че да се премахнат признаците, които са носители на излишна или повтаряща се информация.
- Откриване на подмножество от k на брой информативни признаци от първоначалните p на брой $k \leq p$

Избор на признаци за он-лайн подписи (2)

- Критерии към признаците:
 - Да позволяват разграничаване на подписите на потребителите;
 - Да бъдат извлечени бързо и лесно;
 - Ако по някакъв начин станат достъпни от неоторизирани лица, да не позволяват лесното пресъздаване на подписа чрез тях;
 - Броят им да бъде достатъчно малък, за да не се затормозят по-нататъшните изчисления и достатъчно голям, за да осигури надеждна верификация.

Предварителна обработка на потока от данни за подписи

- “Сурови” данни, постъпващи от графичния таблет
- Премахване на точките от области с нулев натиск
- Трансформация на координатите x и y (*himetric units*) със стойности в $[0,7999] \times [0,5999]$ от координатната система на таблета (*ink coordinate space*) към пикселови координати x и y от координатната система на приложението със стойности в $[0,1279] \times [0,799]$.
- Ротация на подписите
- Транслация на подписите в избрана начална точка

Извличане на признаци

- Чрез *Microsoft Tablet PC SDK 1.7* се получава динамична информация за събираните с графичния таблет подписи
- По един пакет с данни за всяка точка от подписа: X и Y координати, натиск, наклон на писалката, времеви отпечатък (*timestamp*), азимут, номер на щрих.
- Нека с T_i сме означили i -тата точка от даден подпис, с n – броя на точките в подписа, (x_i, y_i) са координатите на T_i . Натискът в T_i означаваме с p_i , s_i – наклон в i -тата точка и t_i – време между изчертаването на i -тата и $i+1$ -вата точка.

Озн	Признак	Формула
A1	Дължина на подписа	$l = x_{\max} - x_{\min}$
A2	Височина	$h = y_{\max} - y_{\min}$
A3	Сплеснатост	$A3 = A2 / A1$
A4	Маса	n
A5	Общо време	$\sum_{i=2}^n t_i$
A6	Брой сегменти	$ns = l + 1$, l -брой на точките локални екстремуми
A7	Плътност	$A7 = n / (l * h)$
A8	Разстояние от началната точка до центъра	$d = \sqrt{(\bar{x} - x_1)^2 + (\bar{y} - y_1)^2}$
A9	Разстояние от крайната точка до центъра	$d = \sqrt{(\bar{x} - x_n)^2 + (\bar{y} - y_n)^2}$
A10	Разстояние от началната до крайната точка	$d = \sqrt{(x_1 - x_n)^2 + (y_1 - y_n)^2}$
A11	Ъгъл на правата от центъра до началната точка	$\varphi = \arctg\left(\frac{(y_1 - \bar{y})}{(x_1 - \bar{x})}\right)$
A12	Ъгъл на правата от центъра до крайната точка	$\varphi = \arctg\left(\frac{(y_n - \bar{y})}{(x_n - \bar{x})}\right)$
A13	Ъгъл на правата от началната до крайната точка	$\varphi = \arctg\left(\frac{(y_n - y_1)}{(x_n - x_1)}\right)$
A14	Разстояние от най-лявата точка до центъра	$d = \sqrt{(\bar{x} - x_{i_{\min}})^2 + (\bar{y} - y_{i_{\min}})^2}$

A15	Разстояние от центъра до най-дясната точка	$d = \sqrt{(\bar{x} - x_{дясен})^2 + (\bar{y} - y_{дясен})^2}.$
A16	Ъгъл на правата от центъра до най-лявата точка	$\varphi = \arctg\left(\frac{(y_{лев} - \bar{y})}{(x_{лев} - \bar{x})}\right).$
A17	Ъгъл на правата от центъра до най-дясната точка	$\varphi = \arctg\left(\frac{(y_{дясен} - \bar{y})}{(x_{дясен} - \bar{x})}\right).$
A18	Разстояние от най-лявата точка до началната	$d = \sqrt{(x_1 - x_{лев})^2 + (y_1 - y_{лев})^2}.$
A19	Разстояние от най-дясната точка до крайната	$d = \sqrt{(x_n - x_{дясен})^2 + (y_n - y_{дясен})^2}.$
A20	Ъгъл на правата от най-лявата точка до началната	$\varphi = \arctg\left(\frac{(y_1 - y_{лев})}{(x_1 - x_{лев})}\right).$
A21	Ъгъл на правата от крайната до най-дясната точка	$\varphi = \arctg\left(\frac{(y_n - y_{дясен})}{(x_n - x_{дясен})}\right).$
A22	Наклон на подписа	$S = \sum_{x=x_{лев}}^{x=x_{дясен}} (y(x) - (ax + b))^2$
A23	Брой щрихи	
A24	Средна стойност на натиск	$\bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i$
A25	Средна стойност на наклон	$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$
A26	Средна стойност на азимут	$\bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i$

Минимизиране на броя на признаците

Стъпки:

1. Нормализация на признаците

- стойностите им попадат в обща скала на отчитане и се премахват единиците за измерване
- Нормализация min-max в интервала [c,d]

$$f_i^{\text{minmax}} = \frac{f_i - \min_{f_i}}{\max_{f_i} - \min_{f_i}} (d - c) + c, i = 1, \dots, k$$

Минимизиране на броя на признаците (2)

2. Премахване на висококорелираните признаци

- Корелационен коефициент на Pearson за X_1 и X_2

$$r_{X_1, X_2} = \frac{\sum_{i=1}^p (X_{1i} - \mu_{X_1})(X_{2i} - \mu_{X_2})}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (X_{1i} - \mu_{X_1})^2 \sum_{i=1}^p (X_{2i} - \mu_{X_2})^2}}$$

- Надежността му зависи от нивото на значимост

3. Избор на регресионни променливи

Множествена регресия

- Нека разполагаме с $n \geq k+1$ наблюдения над k -мерен вектор от независими променливи $\mathbf{x}^t = (x_1, \dots, x_k)$ и зависимата променлива y . Моделът на множествената регресия се представя с израза:

$$y_j = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_{ij} + e_j, \quad j=1, \dots, n$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{e} \quad (\text{матричен вид})$$

- Регресионните коефициенти $\beta_i, i=1, \dots, k$ се оценяват чрез МНМК

$$b = (X^T X)^{-1} X^T Y.$$

- β_0 е изключен от модела
- k независими променливи $\Rightarrow 2^k$ възможни регресионни модела

Избор на променливи в регресионния модел

- Критериите за избор са функции са на остатъчната сума от квадрати (RSS)
- Критерий C_p на Mallows

$$C_p = \frac{RSS_p}{\hat{\sigma}^2} - (n - 2p)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n - k} \sum_{j=1}^n (y_j - \sum_{i=1}^k \beta_i x_{ij})^2$$

$$RSS_p = \sum_{j=1}^n (y_j - \sum_{i=1}^p \beta_i x_{ij})^2$$

- “Добри” са подмножествата от променливи, за които стойността на C_p е по-малка от p и близка до p .

Метод на LaMotte и Hocking (1)

- Базиран е на критерия на Mallows. Разглеждат се само малка част от всичките $\binom{k}{p}$ подмножества с размер p ;
- Подмножество от r променливи се премахва от модела, а подмножество от p променливи остава, $p+r=k$;
- Редукцията в RSS от премахването на подмножество от r променливи се дефинира така:

$$\text{Red}_r = \text{RSS}_p - \text{RSS}_k$$

- Подмножество от r променливи, за което тази редукция е най-малка определя съответното подмножество от p променливи, за което RSS е минимална;
- Статистиката C_p се пресмята чрез тази редукция по следния начин:

$$C_p = \frac{\text{Red}_r}{\hat{\sigma}^2} - (2p - k).$$

Метод на LaMotte и Hocking (2)

Стъпки:

1. Намиране на регресионните коефициенти за модела с всичките k на брой променливи;
2. За всяка променлива x_i се пресмятат редуцията от премахването ѝ θ_i (univariate reduction) и променливите се нареждат по нарастващ ред на тези редукции:

$$\theta_i = \hat{\sigma}^2 t_i^2$$

$$t_i^2 = \frac{b_i^2}{\hat{\sigma}_{b_i}^2}$$

3. Пресмятат се т.нар. m -редукции от премахването на подмножества от m променливи от модела. Подмножествата се означават се чрез (i_1, i_2, \dots, i_m) , $1 < i_j < k$ и $i_1 < i_2 < \dots < i_m$;

Метод на LaMotte и Hocking (3)

3. Така пресметнатите m -редукции се сортират в нарастващ ред;
4. Дефинират се т.нар. *етапи* от подмножествата от m елемента с първи индекс $\geq r-m+1$;
5. На всеки *етап* се разглеждат подмножества от r елемента (m на брой елемента от съответното m -подмножество и $r-m$ на брой индекси, по-малки от първия индекс в m -подмножеството);
6. Изобщо, на q -тия *етап* се изчисляват редукциите от всички дефинирани на съответния етап подмножества от r елемента, и, ако най-малката редукция от всички етапи е по-малка от m -редукцията от премахването на подмножеството m променливи, дефиниращо етап $q+1$, се счита, че е открито най-доброто r -подмножество, което да се премахне от изходния модел.

Класификация

- Задача за класификация: намиране на съответствие между пространството от признаци и пространството от етикети на класове
- Бинарна и мултикласова
- Традиционен подход
 - L на брой класификатори D_1, \dots, D_L
 - Избира се този с най-малка грешка
- Мултикласификатор

Невронни мрежи

Стъпки при проектиране на НМ:

- събиране на данни
- създаване на мрежата
- конфигуриране на мрежата
- инициализиране на теглата и отклоненията
- обучение
- валидация
- приложение

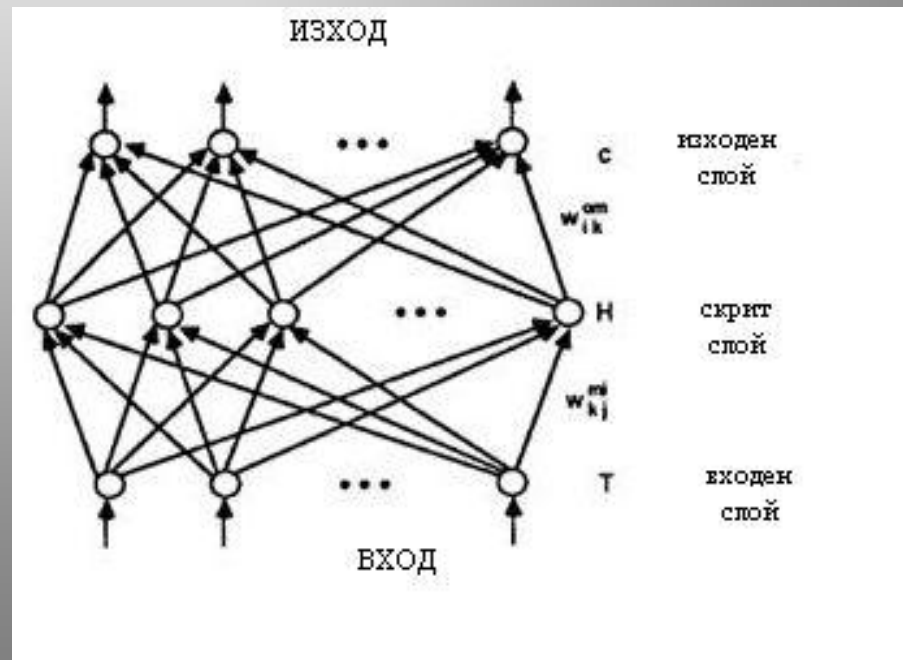
Невронни мрежи (2)

Ако получените резултати от работата на мрежата не са задоволителни:

- Преинициализация на теглата и отклоненията и обучаване
- Увеличаване на броя на скритите слоеве
- Увеличаване на броя на скритите неврони
- Увеличаване на броя на обучаващите данни
- Увеличаване на броя на входните стойности
- Експериментиране с друг обучаващ алгоритъм

НМ като класификатор

намиране на съответствие $f:C \rightarrow T$ между входно множество C и изходно множество T



НМ като класификатор (2)

- За даден входен образец $X=(x_1, \dots, x_T)$ и множество от класове $\Omega=\{\omega_1, \dots, \omega_c\}$ всеки изходен неврон оценява вероятността за принадлежност към класа i чрез:

$$y_i = f\left\{\sum_{k=1}^H \omega_{ik}^{om} f\left\{\sum_{j=1}^T \omega_{kj}^{mi} x_j\right\}\right\}$$

$$f(x) = 1/(1+e^{-x})$$

Приложение на НМ при разпознаване по подпис

- Дават точни отговори за входни данни, неизползвани при обучението;
- Могат да моделират всяка функция на множество от променливи;
- Възможност за обобщаване, затова могат да се справят с разнообразието и вариативността на подписите;
- Обучаване в оф-лайн режим.

Приложение на НМ при разпознаване по подпис (2)

Вход – вектор от признаци

- Верификация
 - оригинални и фалшифицирани подписи от всеки участник
 - изход в $[0,1]$
 - отделна за всеки участник
 - стойност на праг

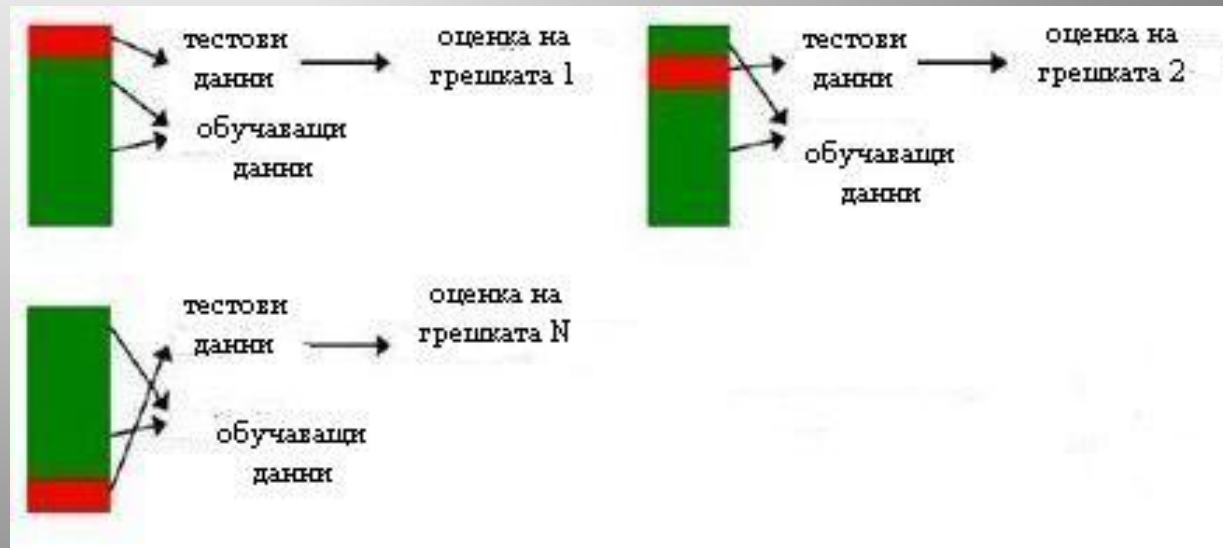
Приложение на НМ при разпознаване по подпис (3)

- Идентификация
 - само оригинални подписи
 - обща невронна мрежа
 - брой изходи, равен на броя потребители

N-кратна кръстосана проверка

- За оценка на производителността на класификатор
- За избор на модел измежду няколко модела
- Данните се разделят в обучаващо и тестово множество
- Подходяща за малки по обем данни

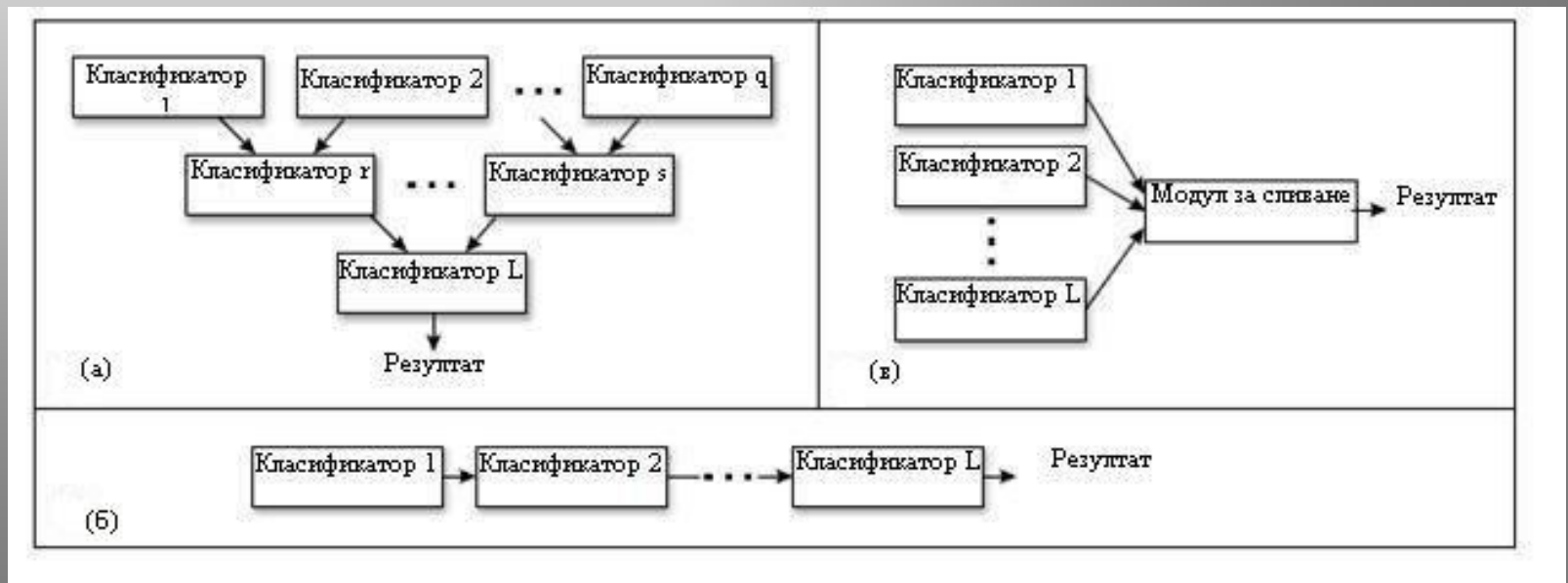
N-кратна кръстосана проверка



$$\hat{e} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i$$

Комбинация от класификатори

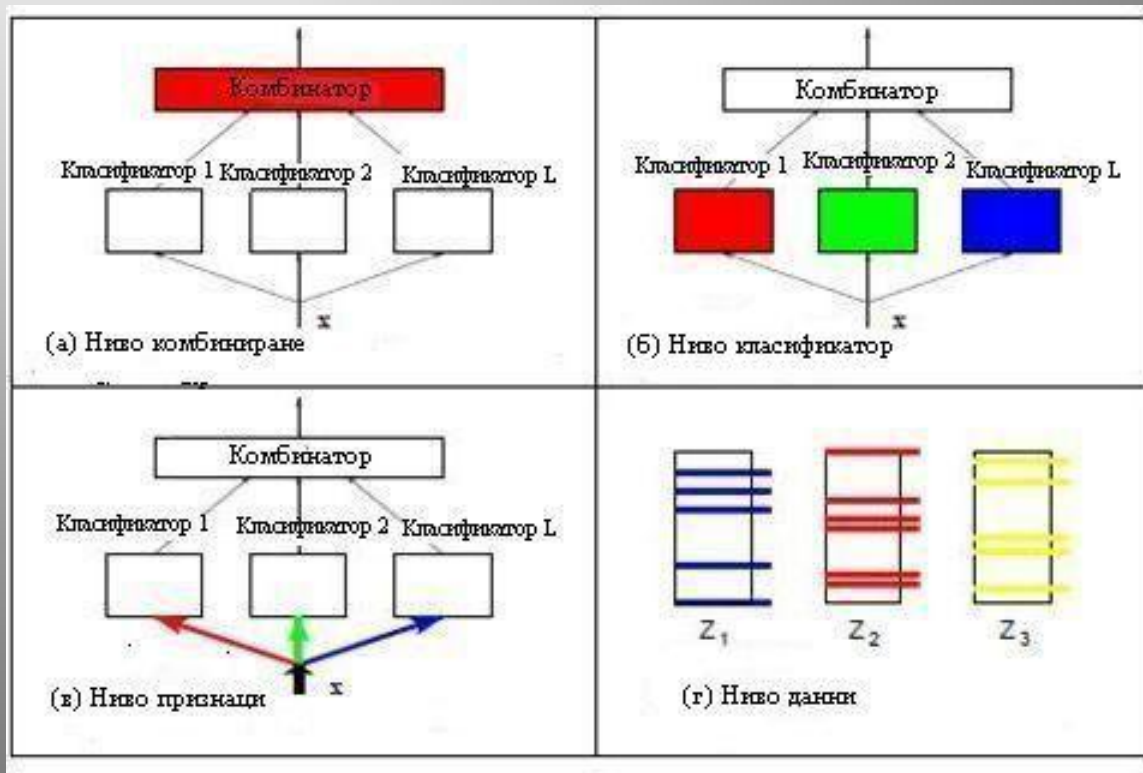
- Обединяване на изходите от няколко базови класификатора.
- Архитектури на мултикласификатор



Архитектури на мултикласификатор: (а) дървовидна
(б) серийна (в) паралелна

Комбинация от класификатори (2)

- Подходи за построяване на мултикласификатори според нивото на обединяване:



Подходи за построяването на мултикласификатор а) ниво комбиниране б) ниво класификатор в) ниво признаци г) ниво данни

Комбинация от класификатори (3)

- Методи за комбиниране:
 - сливане (*fusion, integration*)
 - избор (*подбор, selection*)
- Методите за сливане се разделят според вида на информацията, която ще се комбинира и постъпва от отделните класификатори
 - информация от абстрактно ниво
 - информация от ниво ранг
 - информация от ниво количествени изходи

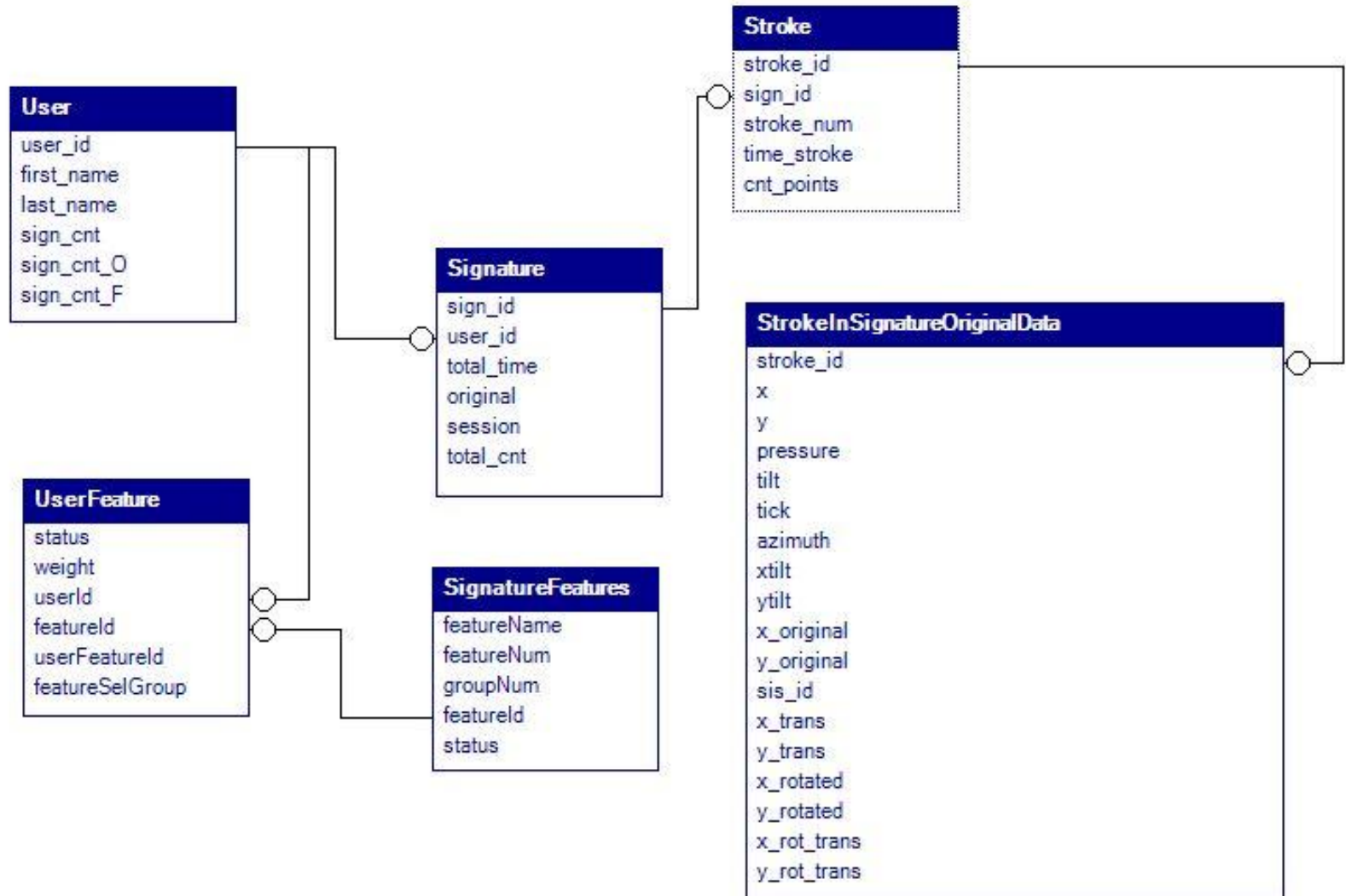
Комбиниране на няколко НМ

- Различни мрежови архитектури
- Една и съща топология, но различна инициализация на теглата и отклоненията

База (корпус) от данни за ПОДПИСИ

- 26 участника, разделени в 3 групи
- 10 оригинални подписа от всеки участник
- 10 умели фалшифицирани подписа за всеки участник
- протокол за събиране на подписи

Диаграма на БД



Потребителски интерфейс

Среда за разработка

- Хардуер

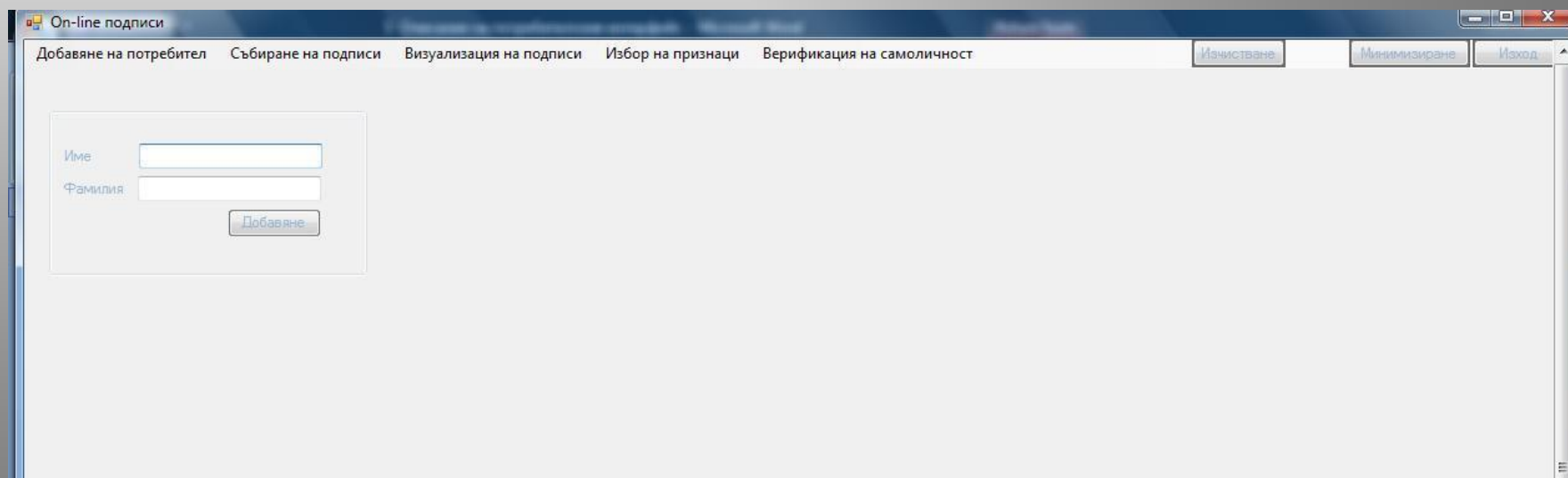
- Графичен таблет Wacom Intuos3 A5 PTZ-630;
- Лаптоп с ОС Vista Ultimate SP1.

- Софтуер

- Microsoft Visual Studio 2008 Express Edition със C#;
- Пакет за разработка на приложения Microsoft .NET Tablet PC SDK 1.7.
- СУБД SQL Server Compact Edition 2008;
- MATLAB R2010b – v.7.11.0 с Neural Networks Toolbox

Потребителски интерфейс (2)

Добавяне на потребител



The screenshot shows a web application window with the title "On-line подписи". The window has a menu bar with the following items: "Добавяне на потребител", "Събиране на подписи", "Визуализация на подписи", "Избор на признаци", and "Верификация на самоличност". On the right side of the menu bar, there are three buttons: "Изчистване", "Минимизиране", and "Изход". The main content area contains a form with two input fields: "Име" (Name) and "Фамилия" (Surname). Below these fields is a "Добавяне" (Add) button.

On-line подписи

Добавяне на потребител Събиране на подписи Визуализация на подписи Избор на признаци Верификация на самоличност Изчистване Минимизиране Изход

Име

Фамилия

Добавяне

Потребителски интерфейс (3)

Събиране на подписи

On-line подписи

Добавяне на потребител Събиране на подписи Визуализация на подписи Избор на признаци Верификация на самоличност

Исчистване Минимизиране Изход


133 of 133

Име Деси Фамилия Димитрова ID 320 Брой подписи

Ориг 10 Фалш 0

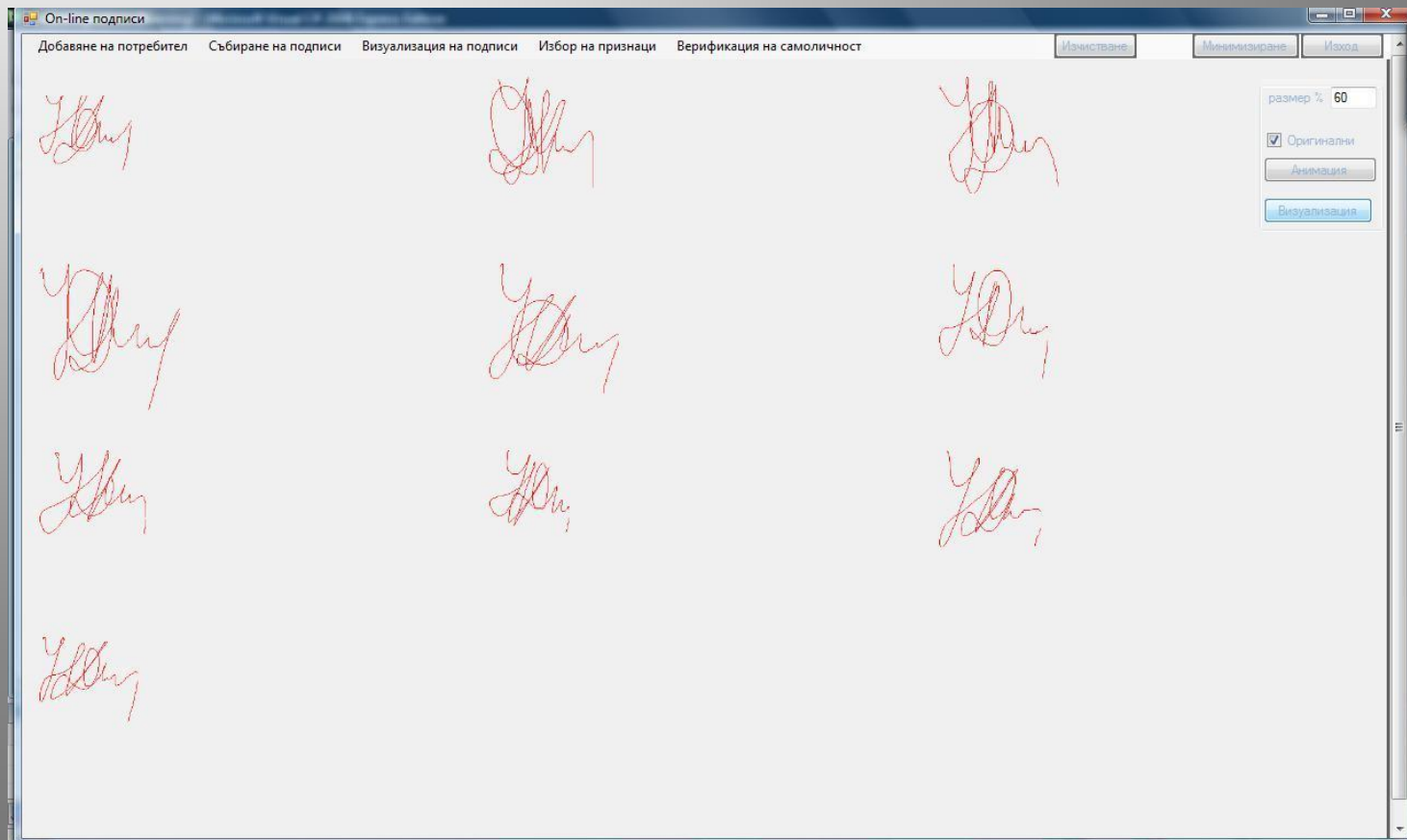
1 № на сесия Оригинал

Запис



Потребителски интерфейс (4)

Визуализация на подписи



Потребителски интерфейс (5)

Избор на признаци

The screenshot displays a web application window titled "On-line подписи". The interface includes a navigation bar with tabs: "Добавяне на потребител", "Събиране на подписи", "Визуализация на подписи", "Избор на признаци" (active), and "Верификация на самоличност". There are also window control buttons: "Изнищване", "Минимизиране", and "Изход".

Below the navigation bar, there are input fields for user information: "Име" (Деси), "Фамилия" (Димитрова), "ID" (320), "Брой подписи", "Ориг" (10), and "Фалш" (0). A "Път до файла" field contains "D://results/dataFromDB" and an "Избор на всички" button.

The main area is titled "Признаци" and contains a list of 26 features, each with a checkbox and a label indicating the feature name and its index:

- Дължина на подписа / 1
- Височина / 2
- Сплеснатост / 3
- Брой точки / маса / 4
- Общо време / 5
- Брой сегменти / 6
- Плътност / 7
- Разстояние от началната точка до центъра / 8
- Разстояние от крайната точка до центъра / 9
- Разстояние от началната до крайната точка / 10
- Ъгъл на правата от центъра до началната точка / 11
- Ъгъл на правата от центъра до крайната точка / 12
- Ъгъл на правата от началната до крайната точка / 13
- Разстояние от най-лявата точка до центъра / 14
- Разстояние от центъра до най-дясната точка / 15
- Ъгъл на правата от центъра до най-лявата точка / 16
- Ъгъл на правата от центъра до най-дясната точка / 17
- Разстояние от най-лявата точка до началната точка / 18
- Разстояние от най-дясната точка до крайната точка / 19
- Ъгъл на правата от най-лявата точка до началната / 20
- Ъгъл на правата от крайната до най-дясната точка / 21
- Наклон на подписа / 22
- Брой шрихи / 23
- Средна стойност на натиск / 24
- Средна стойност на наклон / 25
- Средна стойност на азимут / 26

On the right side, there is a vertical sidebar with several buttons: "Извличане на признаци", "Избор на нискокорелирани", "Подготовка на файлове за РР", "Регресионни променливи (РР)", "Пресмятане на преходни вероятности", "Запис на признаци в БД", "Подготовка на файл за НМ", and "Обучение на НМ".

Комбиниран подход

Комбинираният подход за разпознаване по подпис е реализиран по два различни начина:

- избор на признаци и разпознаване
- комбиниране на класификатори.

Експерименти

- 10 броя оригинални и 10 умели фалшификации и няколко прости фалшификации
- Избор на признаци
 - С прости фалшификации
 - С умели фалшификации
- Единствен класификатор невронна мрежа:
 - Избор на оптимална НМ с едни и същи параметри и архитектура за всеки участник
 - С и без предварителен избор на признаци

Експерименти (2)

- Комбинация от класификатори:
 - Няколко НМ с еднаква топология, но с различни инициализации на теглата
 - Различни правила за комбиниране
- Класификатор на две нива – последователно комбиниране на две НМ върху различни признаци
- Паралелно комбиниране на различни типа НМ (многонивов перцептрон и НМсРБФ) върху еднакви признаци

Настояща работа

- Довършване на експериментите
- Обобщаване и интерпретиране на резултатите от тях
- Глава 4

ОСНОВНИ ПУБЛИКАЦИИ

- Boyadzhieva D., Gluhchev G., Feature Set Selection for On-line Signatures using Selection of Regression Variables, In: Proceedings of the 4th International Conference on Pattern Recognition and Machine Intelligence PReMI'11, June 27-July 01, 2011, Moscow, Russia, pp. 440-445.
- Boyadzhieva D., Gluhchev G., An approach to feature selection for on-line signatures, In: Proceedings of the 10th Anniversary International Scientific Conference UNITECH'10, Nov. 19-20, 2010, Gabrovo, Bulgaria.
- Бояджиева Д., Извличане на признаци на подпис от графичен таблет, Научни трудове на Русенски университет "Ангел Кънчев", 2010, том 49, серия 3.2, Русе, България.
- Desislava D., Gluhchev G., Pressure Evaluation in On-Line and Off-Line Signatures, In: Proceedings of the Joint COST 2101 & 2102 International Conference on Biometric ID Management and Multimodal Communication (BioID_MultiComm'09), Sep. 16-18, 2009 Madrid, Spain, Springer Verlag, LNCS 5707, pp. 207-211.

Благодаря за вниманието !