

СПРАВКА ЗА НАУЧНИТЕ, НАУЧНО-ПРИЛОЖНИТЕ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ НА

Чл-кор. проф. д-н Стефан Тодоров Хаджитодоров

Научните, научно-приложни и приложни приноси, отразени в представените публикации и разработки по конкурса, се отнасят до анализа на биомедицински данни, до теорията и практиката на разпознаването на образи, класификацията и изкуствения интелект. Развивани и модифицирани са различни невронни мрежи и двунивови схеми за анализ на данни и класификация. Предлагани са нови методи за обработка на данни и сигнали и извличане на параметри, информативни за тяхното описание и класификация. Изведени са нови варианти на класически методи в среда на интуиционистки размити множества и обобщени мрежи. Новите методи, развития и модификации са прилагани за: подпомагане на диагностиката в медицината; обработката на гласови сигнали; разпознаването на диктори; фармакокинетиката и др. Създавани са различни програмни системи за тези цели. Предложените методи биха могли да решават проблеми при малка обучаваща извадка, липсващи стойности и включването на експертно знание в процеса на вземане на решение. Освен това съществуват и приложни приноси в областта на изследванията по националната сигурност и отбраната.

Основните научни приноси са:

1. В областта на невронните мрежи:

- На основата на самоорганизиращите се мрежи (СОМ) на Кохонен са разработени мрежи на разпределение на прототипите (МРП), които позволяват получаването на по-точно съответствие на плътността на разпределение на вероятностите (ПРВ) на входните вектори, намаляват размерността на тегловните вектори (невроните) и допускат филтрираща процедура за елиминиране на статистически незначимите и спорадично активирани неврони. Дефинирана е нова мярка за подобие между МРП [11,12,13]. Степента на сигурност във взетото решение (поставяната диагноза) е повишена, като са избегнати опасни грешки, чрез въвеждане на отношения на мерките за подобие между МРП, а не чрез директно сравняване с различни прагове [16];
- Предложена е мрежа със специфични за всеки от скритите възли форми на радиалните базисни функции [78]. Тя е по-гъвкава и съответства по-добре на сложни разделящи граници, особено при ограничен брой на възлите, ядрата или прототипите. Предложено е едностъпково обучение с алгоритъма на “симулираното закаляване”, при критерий точност на класификацията.

2. В областта на многонивовите схеми за класификация:

- Разработена е двунивова схема за класификация. Първото ѝ ниво се състои от мрежи на разпределение на прототипите (МРП), а второто ниво - от многонивов персептрон (МП) [12]. С това се получава обобщена схема за класификация, съчетаваща възможностите на СОМ и МРП за оценяване на ПРВ и компресиране с дискриминантните възможности и класификационна мощност на МП;
- Предложена е двунивова схема с претеглено гласуване [13]. Тя се основава на резултатите (от класификаторите на първото ниво D_i), както за класа, към който даден образ е отнесен, така и за останалите класове. Крайното решение отчита доколко резултатът на “спечелилият” клас се различава от резултатите за другите конкурентни класове, т.е. отчита “надеждността” и “достоверността” на решенията на D_i ;
- Създадена е двунивова схема, използваща “ключови” признаци (КП) [6]. Те се появяват рядко, но имат голяма класификационна мощност. Включването им е свързано с отразяване на експертно знание за дадения проблем, с класификация при смесени признаци и с комбиниране на статистическия и размит подход при разпознаване на образи. Предложената схема с КП е опит да се моделира по-прецизно процесът на вземане на решение от страна на лекаря.

3. Предложени са нови и са разработени модификации на някои известни статистически, размити и детерминирани методи за класификация, клъстеризация и определяне на информативността на признаците:

- Разработена е хибридна версия на метода на К-НБС (К най-близките съседи), при която се комбинират статистическият и размитият подход при разпознаването [9, 64]. Разстоянията между образа с неизвестна принадлежност и референтните образи се трансформират посредством степените на принадлежност на референтните образи към съответните им класове. По този начин се отчита тяхната “типичност” и “увереност за принадлежност” към съответния клас. Доказано и обобщено е, че независимо от използваната метрика, класификационната грешка при трансформирани разстояния е по-малка или равна на тази при нетрансформирани. В допълнение размитото описание е използвано и за формиране на решаващи правила;
 - Разработен е размит метод за класификация, като в случай на малка извадка се предлага в размитото описание да се включи информацията, която носят статистическите характеристики на параметрите [57];
 - Предложен е метод за класификация, чрез целесъобразно преместване на образите, който е модификация на метода на най-близкия еталон на класа (вариант на метода на К-НБС) [89]. Показано е, че с негова помощ могат да се решат широк кръг задачи;
 - Предложени са четири мерки (индекси) за определяне на “разнообразието (различието)” в клъстер-ансамбли [28]. Те отразяват факта, че отчитането само на усредненото “несъгласие” между отделните клъстеризационни алгоритми от клъстер-ансамбъла е недостатъчно. На тяхна база е разработена и предложена процедура за избор на клъстер-ансамбъл. Същността ѝ е измежду случайно генерирани клъстер-ансамбли да се избере този ансамбъл, чието “разнообразие” е медианата на множеството от “разнообразия” на всички ансамбли. Изследвани и определени са най-добрите комбинации от евристики за постигане на “разнообразието” в клъстер-ансамблите [29,87,88];
 - Предложени са различни модификации на: Байесовия класификатор [58], класификатора по еталон [54,95]; многостъпковия последователен анализ [66]; класификатора чрез линейни по части решаващи функции [52,55,71]; някои методи за определяне на информативността на признаците [61,65].
4. Предложени са интуиционистки размити версии на:
- Метода на К-НБС [33,36].
 - Метода на най-близкия еталон на класа (вариант на метода на К-НБС). Степените на принадлежност, непринадлежност и неопределеност на даден образ (с неизвестна класификация) към даден клас се оценяват като се отчитат разстоянията, съответно до средния вектор на дадения клас и до средния вектор на конкурентния му клас. Повишаването на увереността за принадлежност към даден клас, т.е. намаляването на неопределеността се извършва:
 - при първата версия [19], посредством една процедура за преместване на образа към даден клас;
 - при втората версия [38], чрез прилагането на един F-оператор, параметрите на който се определят итеративно на базата на различен брой най-близки съседи, съответно от дадения и неговия конкурентен клас.
 - Диаграмите на Вороной [107].
5. Разработени са обобщено-мрежови модели на :
- Обучаващата процедура на самоорганизиращата се мрежа (СОМ) на Кохонен. Въведена е възможността да се обучават невроните от околностите на повече от един най-близък до входния вектор неврон. Този модел ни дава по-добро разбиране за същността на тази модифицирана процедура, която използва по-пълно и ефективно информацията, съдържаща се в данните [18];
 - Основни процеси при разпознаване на образи и говор – идентификация и верификация на диктори [4,5,20,23,27] , разпознаване на печатен и ръкописен текст [4,5,25,26,39,83,84], на хора по биометрични параметри [5,46], познавателни мозъчни процеси и диагностициране на ларингеални заболявания [4,5,85,103,104], проследяване степента на инвалидност при пациенти с множествена склероза въз основа на неврофизиологични критерии [31], вземане на решение за готовността на пациента за отвикване от механична вентилация [50];

- Алгоритъма за групово вземане на решение посредством индивидуални интуиционистки размити релации на предпочитание. Доказано е, че разширението на класа обобщени мрежи със свойството един или повече от преходите им да зависят от алгоритъма за вземане на решение, е консервативно [102];
 - Алгоритъма на интуиционистки размита клъстеризация на биомедицински данни, с което може да се повиши точността при разпознаване [49];
 - Алгоритъма за едновременно (конкурентно) обучение на невронни мрежи, който позволява ефективно използване на изчислителните ресурси за намиране на най-добре обучената мрежа [112].
6. Дефинирани и въведени са нови параметри и индекси:
- Индекс на турбулентния шум – нов акустичен параметър, който може да служи за индикатор на ларингеалната функция [17]. Той характеризира нивото на турбулентния шум в гласовия сигнал и е дефиниран на основата на средната стойност на максимума на корелационния коефициент между всяка двойка от последователните глотални цикъла. Изведен е метод за неговото определяне;
 - Нормализираната енергия на първия хармоник – този параметър характеризира фонации, съпроводени с интензивно дишане и е дефиниран като отношение на амплитудата на първия хармоник от спектъра на мощността (енергията на първия хармоник) към общата енергия на останалите хармоници в честотната лента до 4 kHz [21];
 - Два кепстрални параметъра, характеризиращи гласовите сигнали, а именно отношенията [37]:
 - ❖ “апериодични(шумови) / периодични(хармонични) компоненти” ;
 - ❖ “енергията в кепстралния импулс/общата кепстрална енергия” в кепстралната област.
 Тези параметри са ефективни за откриване на ларингеалната патология.
 - Разработен е нов индекс, като предиктор на успешното отвикване от продължителна механична вентилация – NPWI [30, 69]. Индексът отчита влиянието на непулмонални показатели - албумин и общ белтък, като дава обективна оценка на момента, в който може да започне процесът на отвикване. NPWI е с високи чувствителност и специфичност, има конкретно физическо изражение и значение и изчисляването му не изисква допълнителна апаратура и измервания, освен обичайните, което го прави удобен за използване в ежедневната клинична практика.
7. Разработени са методи за изчисляване на периода на основния тон на гласови сигнали. Тези методи имат повишени възможности за точно определяне на периода на основния тон при сигнали със силна пертурбация на периода и наличие на субхармонични честоти:
- Първият [82] е двукритериален метод за изчисляване периода на основния тон в честотната област, който се базира на спектралния максимум. За вземане на решение при определяне на F_0 са използвани два критерия с допълващи се свойства: първият допуска грешки само в посока на нарастване на честотата, а вторият само в посока на намаляване на честотата. Благодарение на това двата критерия се изпълняват едновременно само за честотата на основния тон;
 - Вторият [101] е кепстрален метод за определяне периода на основния тон, при който кепстърът се изчислява на база на спектър, включващ само първите 10 хармоника от логаритмичния спектър (с намаляваща амплитуда на хармониците с нарастване на поредния им номер), което съществено подобрява кепстралните пикове.

Основните научно-приложни и приложни приноси са:

1. Сравнение на прогностичните възможности на механистичния модел и на изкуствените невронни мрежи за описание на фармакокинетичните зависимости на серия от барбитурати, давани на плъхове [15]. Показано е, че невронните мрежи имат по-добри показатели, но че в крайна сметка нито един от изследваните модели не пръвзхожда в значителна степен другия.
2. Проведени са експерименти с реални данни, които потвърждават по-високата точност на предложените мрежи, методи и схеми. Те формират един подход за анализ на медицински данни, който може да реши проблемите при малка обучаваща извадка, липсващи стойности на

признаците и включването на експертно знание в процеса на класификация. Анализирани са различни множества гласови сигнали за целите на откриване на ларингеална патология [8, 13, 16, 21, 73, 77, 99, 7], разпознаване на диктори [11,12,14] и откриване на стрес [51,76], както и данни от областта на кардиологията, неонатологията и пулмологията [6,9,57,64,67]. Реализирани са различни програмни консултиращи системи, а именно:

- За акустичен анализ на патологични гласове и скрининг на ларингеалните заболявания [8, 13, 16, 21, 99, 100]. Тази система е разработвана в различни версии, включващи различни методи за анализ на гласовите сигнали, различни множества от параметри и методи за тяхното определяне, както и различни методи за класификация;
- За разпознаване на диктори [14]. Тази система използва както известни методи за разпознаване, така и разработени от авторите еднотипови и двутипови класификатори;
- Консултираща система за анализ и диагностика на респираторния дистрес синдром при новородените [9];
- Микропроцесорна система UNISELECT- 01 за определяне на основните параметри на сърдечно-съдовата система и класът на принадлежност на изследвания пациент в условия на покой и обременяване. Системата дава възможност, да бъдат определени диапазоните на изменение на стойностите на параметрите на сърдечно-съдовата система, характеризирайки нормално и патологично функциониране на последната в условие на обременяване - физическо и сензорно [1];
- Разработена е компютърна система, която има за цел да определи състоянието на болните, подложени на продължителна механична вентилация с оглед готовността им за започване на процеса на отвикване от апаратното дишане. Решението се взема от двутипов алгоритъм на класификация, на базата на четири метода за класификация. По този начин се постига по-пълно, обективно и разностранно използване на информацията, съдържаща се в медицинските данни. Модулният принцип на създаване на системата позволява тя да бъде разширявана и допълвана [30].

Някои от системите са използвани в ежедневната лекарска практика.

3. В областта на изследванията по национална сигурност и отбрана:

- Разработена е методология за оценка на критичната инфраструктура на общинско ниво, приложима и на национално [131]. Анализирана е политиката по защита на критичната инфраструктура в България и са предложени мерки за нейното подобрене [130, 132, 134, 136, 138];
- Предложена е Бяла книга по Гражданска защита на Република България, в която е направен анализ и оценка на системата за защита на населението и реагиране при извънредни ситуации [122];
- На базата на архитектурния подход са разработени алтернативи за планиране на трансформацията на системата за гражданска сигурност [113];
- Разработена е същността и приоритизирането на научното осигуряване, развитието на технологичния и икономическия потенциал за модернизацията на Българската армия [118,119,120,129];
- Очертани са основните съвременни аспекти на радикализацията сред различни групи и слоеве на обществото [135];
- Обосновани са предпоставките за формиране на Европейски въоръжени сили [123, 124, 115].