

Резюмета на научните публикации на доц. д. н. Любка Атанасова Дуковска, за участие в конкурса за академичната длъжност „професор” по професионално направление 4.6. “Информатика и компютърни науки”, специалност 01.01.12. “Информатика”, за нуждите на секция „Интелигентни системи“ към ИИКТ-БАН, обявен в ДВ бр. 26 от 23.03.2018 г.

Резултатите от научно-изследователската дейност на доц. д. н. Любка Атанасова Дуковска са представени в 144 публикации, като забелязаните до момента (март 2018 г.) цитирания са 201. В настоящия конкурс, в съответствие с правилника за специфичните условия за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в Института по информационни и комуникационни технологии, кандидатката участва с шест публикации, които са включени в издания с импакт фактор IF (Web Of Science) и не повтарят представените за придобиване на образователната и научна степен “доктор”, на научната степен “доктор на науките” и за заемане на академичната длъжност “доцент”.

Получените резултати в представените за конкурса статии са изцяло в областта на интелигентните системи, като могат да се очертаят две основни направления на проведените изследвания:

1. Интелигентна техническа диагностика и предсказващо поддържане на технологични съоръжения.

Диагностиката и в частност техническата диагностика е утвърдила се област на научните и приложните изследвания с доказано присъствие в съвременния предсказващ мениджмънт на производствените системи. Като типично интердисциплинарна област, диагностиката абсорбира и интегрира постижения от редица бързо развиващи се научни и приложни области като: механика, компютърна флуидна динамика, теория на управлението, теория на вероятностите, изкуствен интелект, сензорна техника, компютърни мрежи и системи, обработка на сигнали и изображения, както и редица други. Основната хипотеза при провеждането на научните изследвания в тази област е, че независимо от голямото разнообразие на технологичните процеси в химическата, металургичната, силикатната, хартиената, хранително-вкусовата и други сходни промишлености и енергетиката съществуват достатъчно общи техни признаци, които позволяват да се търси сравнително многообхватно концептуално решение по отношение на измервателни методи, методи за моделиране и симулиране, интелигентни методи за техническа диагностика, методи за вземане на решения. Резултатите от проведените изследвания са получени в партньорство със специалисти от фирма Honeywell – България, чрез системен анализ на реални измервания от автоматичната система за управление на мелещ вентилатор в ТЕЦ „Марица Изток” 2, като температура в газозаборната шахта, температура на паро-въздушната смес, вибрации на двигателен блок, най-близък до мелещия вентилатор, натоварването и управляващото въздействие. Предложени са методи за предсказваща диагностика с използване на техники от компютърната интелигентност, методи за моделно базирани подходи за предсказваща диагностика с използване на статистически методи и методи, основаващи се на знание. Разработени са оригинални хибридни методи и многостадийни процедури за

предсказваща диагностика с комбиниране на класически методи на математическата статистика и елементи съдържащи знание – прецеденти, невронни мрежи, размита логика. Получените експериментални данни, след детайлен анализ са подготвени да служат за тестови примери и са в основата на предлаганите методи за предсказваща диагностика, които са отразени в работните режими на изследваните топло-енергийните обекти за управление. Предложена е методика за предсказващо поддържане на технологичните съоръжения, която цели повишаване на ефективността на работата, удължаване на безаварийната експлоатация и по-редки спирания, което се отразява на крайната себестойност на произведената енергия. Тези и други резултати на кандидата в областта на интелигентната техническа диагностика и предсказващото поддържане на технологични съоръжения са получени в рамките на проекти „Интелигентни системи за диагностика и вземане на решения в технологични процеси“ (ТК-01-485/08) и „Предсказващо поддържане на технологични съоръжения въз основа на диагностика и анализ на риска“ (ДВУ-10-0267/10), финансирани от Фонд „Научни изследвания“.

2. Интеркритериален анализ, като нов подход за вземане на решения.

В практиката често възникват, т. нар. многокритериални задачи за вземане на решение. Разнородни и разнообразни могат да бъдат както критериите, така и наличните данни, получени чрез измерването или оценяването на обектите спрямо критериите. Понякога измерването или оценяването по някои от критериите може да се окаже бавно, скъпо, ресурсоемко и т.н. В такива случаи за лицето, вземащо решение, ще е от съществена полза да могат да се пренебрегнат при бъдещото вземане на решение всички или част от тези „неблагоприятни“ критерии без съществена загуба на точност. За целта би било от полза да се установи достатъчно висока и предвидима зависимост между посочените „неблагоприятни“ критерии и други измежду множеството критерии, които са по-бързи, по-евтини и по-лесни за измерване или оценяване. Идеята за интеркритериалния анализ се появи преди четири години като опит за създаване на ново математическо средство, подпомагащо решаването на горния проблем. Чрез него се постига пренебрегването (без съществена загуба на точност) на една част от критериите при вземане на решения, на база установена корелация (зависимост) между тези и други критерии, може да се постигне съществено ускоряване или поевтиняване на цялостния процес на вземане на решения, което винаги е благоприятно, а в определени случаи може да бъде жизненоважно. За описание на зависимостите в рамките на новия подход са въведени термините „позитивен консонанс“, „негативен консонанс“ и „дисонанс“. В подхода се прилагат индексирани матрици и добилите вече международно признание интуиционистки размити множества (intuitionistic fuzzy sets), които се използват за двойковите сравнения и оценки на поведението на обектите по критерии, както и за определяне на стойностите на праговете на корелация между критериите и праговете на допустима грешка, които са необходими в процеса на вземане на решения. Например, в масиви от данни, получени чрез измерването на много обекти по много критерии, за всяка двойка критерии се изчисляват корелациите между тях във вид на интуиционистки размити двойки от стойности в интервала $[0; 1]$. Подходът отчита ефекта от неопределеността, дава възможност за работа с масиви с липсващи данни, и работи както с числа, така и с лингвистични променливи с въведена наредба. Интеркритериалният анализ намира приложение при задачи, в които измерването по някои от критериите е по-бавно или по-скъпо, което на свой ред забавя или оскъпява целия процес на вземане на решения. С така разработената методика са изследвани различни набори от данни в широк кръг от проблемни области, като получените резултати са в рамките на проекта

„Интеркритериален анализ – нов подход за вземане на решения“ (ДФНИ-И-02-5/2014), финансиран от Фонд „Научни изследвания“.

Справка за приносите на кандидата

Основните приноси в изследователската работа на доц. д.н. Любка Атанасова Дуковска, могат да се разделят на научни и научно-приложни, като може да се отбележи, че във всички случаи вдъхновение за предлагането на нови идеи и резултати от теоретично естество са били наблюдения над конкретни реални данни от практически задачи, решавани с методи, основани на апарата на интелигентните системи, които по един или друг начин са изисквали определено подобрене и обобщение. Приносите на кандидата могат да се формулират, като:

1. Създадени са методи за предсказващо поддържане и диагностика на технологични съоръжения с използване на техники от компютърната интелигентност и по-конкретно е разработен достатъчно пълен подход за използване на метода на прецедентите (Case-Based Reasoning) при прогнозиране на очакваното състояние на сложни обекти. Изследванията са тясно свързани с важни класове индустриални обекти от енергетиката. Проведени са голям брой експерименти на действащи обекти и е разработен пакет от програми за числено експериментиране, в средата на MATLAB за целите на предсказващото поддържане на технологични съоръжения в енергетиката.
2. Създадени са алгоритми за техническа диагностика на реални технологични обекти, с използването на интелигентни методи за управление, работещи в ТЕЦ „Марица Изток“
2. Като резултат от работата са проведени подробни изпитания на вибросъстоянието на мелещ вентилатор в системата на прахоприготвяне на мощен енергиен парогенератор (640 t/h). Създаден е модел, който представя нормалните условия на работа, като тогава откриването на неизправности се извършва в съответствие с остатъчната информация или според разликите в качествените параметри на преходния процес. Разработен е пакет от програми за числено експериментиране, в средата на MATLAB за целите на техническата диагностика на технологични съоръжения в енергетиката.
3. Представени са резултати за приложението на интеркритериалния анализ при процеса на редуциране на броя на входовете на невронна мрежа с право предаване. Установено е, че могат да се отстранят част от несъществените данни (параметри), използвани при обучението на невронните мрежи, като се намали броят на входовете и да се редуцира броят на тегловните коефициенти и отмествания, което води до понижаване на необходимите за процеса на обучение памет, време за реализация и брой на итерации и се намали броя на входовете на невронна мрежа, с което се понижава средноквадратичната грешка.
4. Използвайки апарата на интуиционистките размити множества и на индексирани матрици, с метода на интеркритериалния анализ са анализирани данните за конкурентоспособността на държавите в преход от ефективна към иновационна икономика (efficiency-to-innovation-driven economies), получени от докладите за глобалната конкурентоспособност на Световния икономически форум. Открити са конкретни зависимости между дванадесетте стълба на икономическа

конкурентоспособност от методологията на Световния икономически форум. Специфичният принос към теорията на интеркритериалния анализ е приложението на метода към множество от елементи, което варира във времето, т.е. принадлежността на елементите към множеството не е постоянно, а зависи от представянето им по дадени критерии в предварително определени граници, като тази постановка на проблема се различава от дотогавашните приложения на метода над множества с предварително определени и постоянни елементи. Изследванията са проведени с помощта на оригиналния софтуер ICDM, разработен в рамките на проекта „Интеркритериален анализ – нов подход за вземане на решения“ (ДФНИ-И-02-5/2014), които е предоставен за свободно ползване (<http://intercriteria.net/software/>).

Резюмета на научните публикации на кандидата

1. Hadjiski, M., **Doukovska, L.** Technical Diagnostics of Mill Fan System. Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences, 65, 12, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 2012, ISSN:1310–1331, 1731-1738.

В настоящата статия е представен оригинален подход за техническа диагностика на реално функциониращ индустриален мелещ вентилатор. Техническата диагностика на мелещите вентилатори е утвърдена област на научни и приложни изследвания, която придобива все по-голяма роля в процеса на ефективната експлоатация на технологичните системи. Разгледани са няколко вида диагностични подходи с различни структури. За да се избере най-ефективният от тях, е извършен сравнителен анализ на получените резултати. Предметът на това изследване е съоръжение от ТЕЦ "Марица Изток" 2. Изборът на тази електроцентрала не е случаен. Това е най-голямата топлоелектрическа централа на Балканския полуостров. Мелещите вентилатори са основна част от подготовката на горивото в електроцентралите, работещи с въглища. Те са част от оборудването на енергийните блокове, които най-често се ремонтират поради интензивна ерозия на работните колела в процеса на смилане на нискокалорични лигнитни въглища от мините Траяново 1 и Траяново 2 с висок процент на съдържание на пепел (28% - 45% от сухата маса). Възможността да се предскаже евентуална повреда или износване без изключване на устройството е от съществено значение за осигуряване на безупречна и надеждна работа, като се избягват загубите, причинени от плановата поддръжка.

2. Hadjiski, M., **Doukovska, L.** CBR approach for Technical Diagnostics of Mill Fan System. Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences, 66, 1, Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 2013, ISSN:1310-1331, 93-100.

Диагностиката на откази е тясно свързана с други процесни операции, например, с използването на схеми за представяне на знания като може да се улови опитът на операторите и инженерите в областта на управлението, които са придобити в годините работа с технологичните инсталации. Специфичните познания за процесите могат да се използват за подобряване на методологиите. Съществува тясна връзка между диагностиката и процеса на проектиране на производствените системи. Правилният дизайн може да намали тежестта върху задачата за диагностика. Също така, информацията от диагностиката може да се използва за непрекъснато подобряване на работата на автоматичните системи за управление. Информацията получена от

диагностиката на отказите може да бъде включена в парадигмите на традиционните решения за други технологични процеси. Целта на тази статия е да предостави подход основаващ се на прецеденти (Case Based Reasoning - CBR) за техническа диагностика на система от мелещи вентилатори, която да обменя информация с модула за диагностика на откази. Изводите основаващи се на прецеденти, за решаване на проблеми или задачи на базата на вече известни решения, на аналогични проблеми или задачи се основава на предположението, че сходни проблеми имат сходни решения. Този подход е област от изкуствения интелект, свързан с автоматизацията на изводите на базата на прецеденти (случаи /cases/), формулиране на текущите проблеми, търсене на един или няколко сходни прецеденти, решени в миналото и близки до целевия, както и адаптация на старите решения към текущата ситуация.

3. **Doukovska, L., Vassileva, S.** Knowledge-based Mill Fan System Technical Condition Prognosis. Transactions on Systems - Special Issue on Knowledge-based Modeling and Control of Multifactorial Processes, 12, 8, World Scientific and Engineering Academy and Society, 2013, ISSN:1109-2777, 398-408.

Задачата на предсказващата диагностика е да намери обяснение за направените наблюдения върху системата и ако се прави прогноза да се прогнозира хода на събитията. Диагностиката може да бъде разделена на откриване на аномалии и идентификация на неизправности, в зависимост от изискваната информация. Прогнозата е свързана с откриване на авария, прогнозиране на маржа или цялостна прогноза за ефективността на наблюдаваната система. Като това може да бъде предсказване на ефикасността, текущото състояние на системата и т.н. Резултатът от диагностичните и прогнозните процеси води до планиране и изпълнение. Задачата за изолиране на неизправности може да се реши само ако неизправността, която трябва да бъде изолирана, е била взета предвид преди това в модела. Съществуват различни подходи за проектиране на диагностични наблюдатели. В настоящата статия е използвана процедура в две стъпки за откриване на неизправности, основани на обработката на данни. Създаден е модел, който представя нормалните условия на работа, тогава откриването на неизправности се извършва в съответствие с остатъчната информация или според разликите в качествените параметри на преходния процес. Моделите, базирани на данни, се намират в основата на концепцията за модулна диагностична система, която е изградена от отделни системи за откриване на неизправности. Всяка от тези системи обработва само частична информация за процеса. Това е аналогия на резултатите получени от различни лица, които анализират същата ситуация с различни методи и/или различни източници на информация. В статията са представени изследваните индустриални мелещи вентилатори, модели на изследваните системи и съответния дизайн на контролера чрез прилагане на конвенционални и размити логически подходи. Резултатите от симулацията са преходните процеси в затворената система, които се използват за откриване и прогнозиране на грешки въз основа на знания.

4. Vassileva, S., **Doukovska, L., Sgurev, V.** AI-Based Diagnostics for Fault Detection and Isolation in Process Equipment Service. International Journal of Computing and Informatics, 33, 2, Slovak Academy of Sciences, 2014, ISSN:1335-9150, 387-409.

Съвременната индустрия изисква ефикасни решения за откриване и изолиране на грешки при обслужване на технологичното оборудване. Този проблем е проблем в реалния свят на обикновено неправилно дефинирани системи, трудни за моделиране, с големи

интервали на решенията. Проектирането на точни модели е непрактично, твърде скъпо или често не реализируемо. Поддръжката на оборудването изисква генериране на модели, които могат да анализират данните за оборудването, да тълкуват миналото поведение и да предсказват бъдещето. Тези проблеми са предизвикателство за традиционните техники за моделиране и представляват чудесна възможност за прилагане на методологии, основани на изкуствения интелект, които позволяват да се използват неточни, несигурни и непълни данни за обекта на управление, които обикновено се срещат в реални производствени системи. В настоящата статия са описани теоретичните основи на конвенционалните и базираните на изкуствения интелект техники приложени в производството на биоетанол.

5. Sotirov, S., Atanassova, V., Sotirova, E., **Doukovska, L.**, Bureva, V., Mavrov, D., Tomov, J.. Application of the Intuitionistic Fuzzy InterCriteria Analysis Method with Triples to a Neural Network Preprocessing Procedure. Computational Intelligence and Neuroscience, Hindawi, 2017, DOI:10.1155/2017/2157852.

В настоящата статия, интеркритериалния анализ се използва като метод за редуциране броя на променливите на входа на невронната мрежа, а оттам и на матрицата с тегловни коефициенти в невронната мрежа. Тук се прилага идеята за тройките от зависими критерии, при определяне на оптималната структура на дадена невронна мрежа. Прилагането на интеркритериалния анализ с новопредложените процедури за ранжиране на интеркритериалните двойки чрез интуиционистки размития интерпретационен триъгълник дава още една нова идея за развиване на теорията на интеркритериалния анализ: идеята за тройки от зависими критерии, като за формирането на тройка от критерии е необходимо всяка от трите двойки от критериите да се характеризира с достатъчно висока интеркритериална зависимост. Резултатите от двата подхода са сравнени и е установено, че взаимно се потвърждават, въпреки че са достигнати по различен начин. В статията се използва интеркритериалния анализ за предварителна оценка на входните данни, което може да доведе до намаляване на общото време за обучение на невронните мрежи, а оттам и времето за обработка на данни и изображения от мрежата. Предложеният в статията метод е илюстриран с пример с реални данни от областта на нефтохимическата промишленост.

6. Atanassova, V., **Doukovska, L.**, Kacprzyk, A., Sotirova, E., Radeva, I., Vassilev, P.. InterCriteria Analysis of The Global Competitiveness Report: from Efficiency-to-Innovation-Driven Economies. Old City Publishing, ISSN:1542-3980, приета за печат: 2017.

В настоящата статия като обект на изследване са ползвани данни от публично достъпните годишни доклади „Global Competitiveness Reports“ на Световния икономически форум, по-конкретно данните за страните-членки на Европейския съюз в различни години от периода 2007 г. – 2017 г. Със споменатите данни за глобалната конкурентоспособност, които са ежегодно докладвани от Световния икономически форум, за различни периоди от време и различни набори от държави са излезли публикации, които не са включени в документите на кандидата по настоящата процедура. Разгледани са процедури за времеви, прагов и тренд анализ и са изведени съответните изводи за откритите зависимости между дванадесетте критерия, по които методологията на Световния икономически форум определя конкурентоспособността на държавите. В проведенния анализ се следва логиката на последователното анализиране на изчислените стойности на принадлежност и непринадлежност в коефициентите на интеркритериална зависимост, което обаче води до наличието на известен „шум“ в резултатите (не достатъчно фино отсяване на по-силно от

по-слабо зависещите двойки критерии). В настоящата статия се анализират данни в търсене на взаимовръзки между дванайсетте стълба на конкурентоспособността на държавите, които попадат в преходната категория между ефективни (efficiency-driven) и иновативни (innovation-driven) икономики за периода 2013 г. – 2017 г. и се извеждат като резултат открити закономерности за зависимостите между различни фактори на икономиките от тази категория.