

Р Е З Ю М Е

на научни статии равностойни на
Хабилитационен труд – научни публикации в издания, които са
реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна
информация (Web of Science и Scopus). Показател В 4

гл.ас. д-р инж. Петя Тихомирова Петкова

кандидат в конкурс за академична длъжност доцент в Технически колеж -
София, публикуван в държавен вестник бр. 28 от 01.04.2025 г.

Тема: „Управление на качеството в електрониката чрез автоматизация с използване на статистика и изкуствен интелект”

с период на изследвания и публикации от 2021 г. до 2025г.

Електронният монтаж е все по-високо интегриран и със засилващи се изисквания за повишаване качеството на монтажа чрез понижаване на дефектността при производството, намаляване на цената чрез повишаване на качеството и стабилността на процесите, увеличаване на надеждността на работа на устройствата, увеличаване на бързодействието, работа във все по-сложни външни условия с огромна стабилност. Резултат от горното е възможността за поява на смарт мобилни телефони, миниатюрни преносими компютри с голяма производителност, плоски телевизори с голяма площ, микро камери на ниска цена и завишени функционалности, прецизна медицинска електроника, високо надеждна автомобилна електроника на ниска цена и интелигентни сензорни устройства. Това е резултат от развитие на технологиите за монтаж и оптимизиране на разходите чрез стабилно качество. Постига се чрез използване на нови методи за управление на качеството с изкуствен интелект и повсеместна автоматизация. Все повече се увеличават изискванията към обслужващия и поддържащ персонал, което изисква модерно и високо професионално обучение.

Състояние по проблема и нерешени задачи.

Управлението на качеството е една от основните дейности в индустрията и особено в електрониката. Всички дейности са сертифицирани с насока към клиента (ISO 9000, AITF 16949, ISO 14000). Още повече, генерирани и широко използвани са индустриални стандарти (INDUSTRY

Хабилитационен труд – научни публикации

4.0 и преход към INDUSTRY 5.0), които да гарантират все повече стабилността на качеството при производство и дизайн. Цифровизацията (14,15) спомогна това да се получи бързо, повсеместно, рационално и оптимално. Цифровизацията е все повече свързана с използването на изкуствен интелект във всичките му форми – машинно обучение, дълбоко обучение, размита логика, невронни мрежи.

Все още се прилагат процеси, които не са автоматизирани и от там са нестабилни във времето. Често се налага контролите да са ръчни и с не-добро метрологично управление. Цифровизацията и изкуствения интелект спомагат все по-оптимално и сигурно да се решават тези проблеми.

Цел и задачи на изследванията.

Глобалното производство с навлизане на електрониката във всички области на живота изисква все по-високи изисквания към управление на качеството на производство на електронни модули. Това може да се постигне чрез оптимизиране в посока намаляване на вариациите на процесите чрез автоматизация с използване на статистика и изкуствен интелект. За тази цел се използват методи и специализирани софтуери и програмни езици за оптимизация на дизайн и производство с минимален риск, каквито са е Rapid Miner Studio, Microsoft Azure, Microsoft CNTK, Tensor Flow, Ludwig, Python, R, и други.

Цел на настоящите изследвания е оптимално управление на качеството в електрониката чрез автоматизация с използване на статистика и изкуствен интелект, включително с използването на различни методи за оценка на процеси и контроли в електронната индустрия, както и ефективни методи и методологии за обучение на персонала, който ще ги управлява, експлоатира и поддържа.

Основната задача е оптимално развитие на модели и алгоритми за подобрене на управлението на качеството чрез оценка и избор с използване на статистика и изкуствен интелект. Навлизането на нови софтуери, свързани с използването на изкуствен интелект поставя задачата за развитие на нови методологии за оценка, избор и оптимизиране на технологичните процеси за производство на електроника. Намаляването на размерите на контактите и преходите, осъществени чрез спойки, залепване, структурни преходи и други в електронния монтаж и микроелектрониката изисква особено внимание към оценката и избор на оптимален вариант. И не на последно място е

определяне на ефективни методологии за високопрофесионално обучение на персонала, който ще ги експлоатира.

Теоретична обосновка.

Усъвършенстването на повърхностния монтаж може да се реализира чрез подобряване на отделни негови стъпки [8, 9, 18, 19, 29]. При спояването, освен качествено омокряне [22, 23, 29], трябва да се оптимизират процесите на натоварване на компонентите, появата на дефекти в спойките, механичната устойчивост [14] и добрия термопренос.

При стандартно нанасяне на спойваща паста отпечатъкът е от един тип паста за цялото устройство. Това не позволява да се извършва оптимално запояване на всяка спойка. Поради постоянното намаляване на размерите и повишаване на степента на интеграция се налага да се запоява в единен процес, но с индивидуални изисквания за всяка спойка. Това може да се реши с комбиниран отпечатък, при който се смесват паста с цел индивидуално оптимизиране спояването на всеки извод на компонент и на всичките компоненти като цяло. За да се приложи автоматично такъв процес е необходимо да се изучи влиянието на добавки в припоите, които подобряват определени характеристики на спояваните части. Всичко това трябва да се подготви за използване на машинно обучение за автоматизиране на процеса на индивидуално нанасяне на отпечатък със спояваща паста. Така процесът на запояване става стабилен и индивидуален и позволява да се отговори на изискванията за получаване на надеждни спойки и от там стабилна работа на електронните устройства.

Резултати от изследването и получени научни, научно-приложни и приложни приноси.

В периода 2021 – 2025 г. авторът работи по решаване на проблеми, свързани с подобряване на качеството с автоматизиране и използване на изкуствен интелект на процеси и контроли в електрониката, както и с оптимизиране на обучението на персонала. Насочеността е била към основния процес за автоматично запояване – нанасяне на спойваща паста.

B Tsenev V., Petkova P. Combined Footprint - Results and Conclusions: Review (2024) 2024 33rd International Scientific Conference Electronics, ET 2024 - Proceedings е направен преглед на различни подобрения на комбиниран отпечатък с добавяне на различни подобрители.

Хабилитационен труд – научни публикации

Разгледано е разработването на нов метод за запояване с прилагане на спояваща паста с комбиниран отпечатък, който позволява да се осигури оптимално индивидуално запояване на всяка спояваща връзка в електронния модул в един процес на запояване (reflow запояване). Разглеждани се постиженията на изследването на метода във времето и работата на много изследователи по подобряване на запояването чрез добавяне на различни материали към спойката - метали, оксиди, керамика, наноматериали и други. В заключението е подчертано, че чрез използване на получените резултати и посредством анализ със статистически методи и машинно обучение, в софтуерните продукти за проектиране може да се създаде софтуерен модул, който да определя индивидуалните условия за оптимално запояване на всяка спояваща връзка в проектирания електронен модул и тази информация да може да се зарежда директно за изпълнение от производствени машини (струйни принтери).

Производственият процес, особено в областта на електрониката и автотомобилостроенето, е изключително важно да бъде организиран така, че да гарантира производството на качествени артикули. Това може да се постигне чрез използване и следване на определени процедури и методи за контрол на качеството. Контролът на качеството обикновено се извършва на няколко етапа от производството, за да се провери дали няма отклонения в параметрите на продукта и по този начин да се осигури съответствие с производствената спецификация. В **Malinka Ivanova and Petya Petkova, Intelligent Approaches to Automate Quality Control in Manufacturing, 10th International Congress on Information and Communication Technology, ICICT 2025, Springer LNNS. ISSN: 2367-3370** се разглежда приложението на методите за машинно обучение именно в процеса на качествен контрол при производството на полупроводникови елементи. За да се изследва и покаже високия интерес в научните среди към прилагането на машинно обучение в областта на осигуряване и контрол на качеството се направи обобщение и анализ на подходите за качествен контрол чрез прилагане на библиометричен метод. Този метод съчетава три групи параметри, които очертават цялостната съвременна картина. Първата група представлява научен интерес към изследваната тема, който се измерва чрез обема на научната продукция, качеството на списанията и научните сборници, в които е публикувана, приноса на отделните страни и тяхното сътрудничество. Във втората група влизат изследвани теми, разкрити чрез библиометричен анализ на ключови думи, използвани от автори и заглавия на индексирани

документи. Третата група е събрала теми за тенденции, очертани отново чрез анализ на авторите ключови думи и заглавия на докладите. На фигури 1 и 3 по – долу са представени резултати от анализите съответно по първата група (Fig.1.) и втората група (Fig.3.)

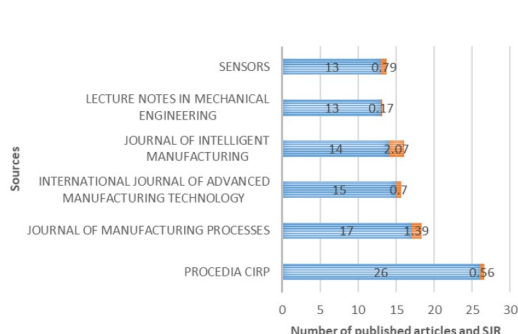


Fig. 1. Source impact

Articles SCP MCP

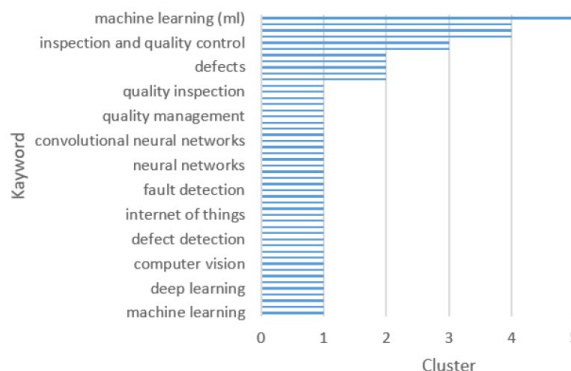


Fig. 3. Analysis of author's keywords

Резултатите от третата група са представени на фигури 5 и 6.

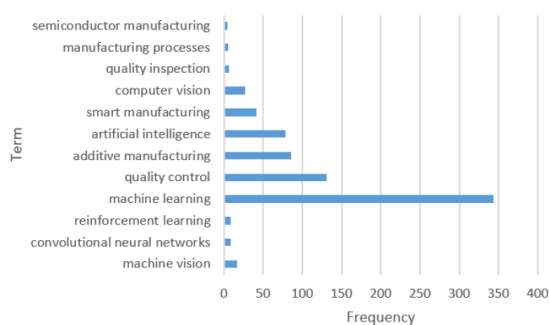


Fig. 5. Extracted trend topics considering author's keywords

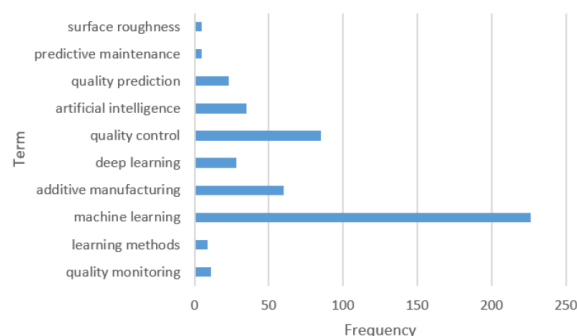


Fig. 6. Extracted trend topics considering titles of papers

Данните, с които е построен и изследван модела са реални от италиански производител на компоненти за електронни продукти като изключително бързи полупроводникови предпазители, кондензатори и резистори. Целта на експеримента е да проектираме най-подходящия модел за класификация на правилно преминали обекти по време на производствения процес въз основа на най-подходящите характеристики. За изследване на целта са проучени три сценария – (1) класификация чрез оптимизация на параметрите на невронна мрежа (Artificial Neural Network- ANN); (2) класификация чрез използване на алгоритъм за дълбоко обучение (Deep Learning - DL) и (3) класификация чрез алгоритъм за пакетиране (bagging) „произволна гора“ (Random Forest RF), използвайки софтуера с отворен код за машинно обучение – Rapid

Miner Studio версия 9.10. Матрицата от данни е съставена от 591 характеристики и 1567 примера. Поради големия брой характеристики към сценарии (1) и (2) е приложен анализ на принципните компоненти (Principal Component Analysis). Резултатите от проведеното изследване показват, най-подходящият метод е вторият сценарий базиран на избор на характеристики и задълбочено обучение DL. Въпреки че експериментът се провежда с данни, получени от производството на полупроводници, предложените модели са подходящи за внедряване в процедурите за проверка на качеството на OEM продукти в автомобилната индустрия като кабели за данни, коаксиални кабели, сензорни кабели, електронни модули и компоненти.

Изборът на подходящи алгоритми и методи за машинно обучение е изключително важен и определящ посоката и резултата от прилагането му в конкретна област, проблем, индустрия или изследване. Затова в публикацията **Ivanova M., Petkova P., Petkov N. Machine learning and fuzzy logic in electronics: Applying intelligence in practice (2021) Electronics (Switzerland), 10 (22), art. no. 2878** е представен анализ и преглед на публикации, публикувани и индексирани в Scopus и Web of Science, които обсъждат приложението на машинно обучение ML и техники на размита логика (Fuzzy Logic) в електрониката. Дефинираната цел е съставяне на концептуална рамка (Figure 13.), която да очертае постигнатите знания в изследваната област като бъдат картографирани. По този начин, ще се извлекат актуални теми и изследователски посоки. За да бъде този анализ по-задълбочен и по-пълен, е приложена комбинация от библиометричен подход и подробен преглед на статиите. Резултатите описват научната област през последните 10 години с нарастваща крива относно възприемането на машинно обучение при решаването на голямо разнообразие от проблеми в електрониката и с колебаеща се крива при използването на размита логика. Смело може да се твърди, че машинното обучение се използва в почти всички изследователски области на електрониката, разработване и подобряване на системи за разпознаване, системи за превенция и безопасност, системи за диагностика и лечение, системи за мониторинг и проследяване, за извличане и подбор на характеристики, откриване на неизправности, системи за управление на енергия и контрол и оптимизация. В същото време размитата логика се използва главно за внедряване и оптимизация на системите за управление. Тематичната еволюция разкрива нарастващата роля на алгоритмите за машинно обучение за решаване на различни проблеми в областта на

електрониката. Библиометричният анализ показва че съдържанието на клъстера за машинно обучение се променя динамично по време на наблюдавания период от време, оставайки в стабилна позиция на картата. Този клъстер е непрекъсната еволюция; повишения интерес на изследователите води до подобряване на съществуващите алгоритми, както и разработване на нови техники. Алгоритмите за решаващи класификационни проблеми са формирани в отделен клъстер, който подчертава тяхната значимост. Алгоритмите за учене чрез укрепване (Reinforcement Learning) също имат значителна роля, която се представя чрез поставянето им в различен клъстер. За изследвания период от време се обособиха няколко клъстера от изкуствени невронни мрежи, тъй като водещата им роля все още е актуална. Те са в прогресивно развитие, а то е продиктувано от способността им да решават сложни реални проблеми. Позицията на генетичните и еволюционните алгоритми е представена на тематичната карта в форма на малък клъстер само в първия времеви отрязък (2011–2014 г.). По време на други времеви отрязъци, те се абсорбират от други клъстери. Извършеният подробен литературен анализ доказва важната роля на машинното обучение за областта на електрониката, описвайки точното прилагане на конкретни алгоритми като: вектор на поддържащите машини Support Vector Machines, дърво на решенията Decision Tree, к-най-близък съсед K-Nearest Neighbor и други, както и използването на няколко архитектури на изкуствени невронни мрежи Artificial Neural Networks. Еволюционните и генетичните алгоритми също се споменават в научни публикации като подходящи подходи за конкретни проблеми.

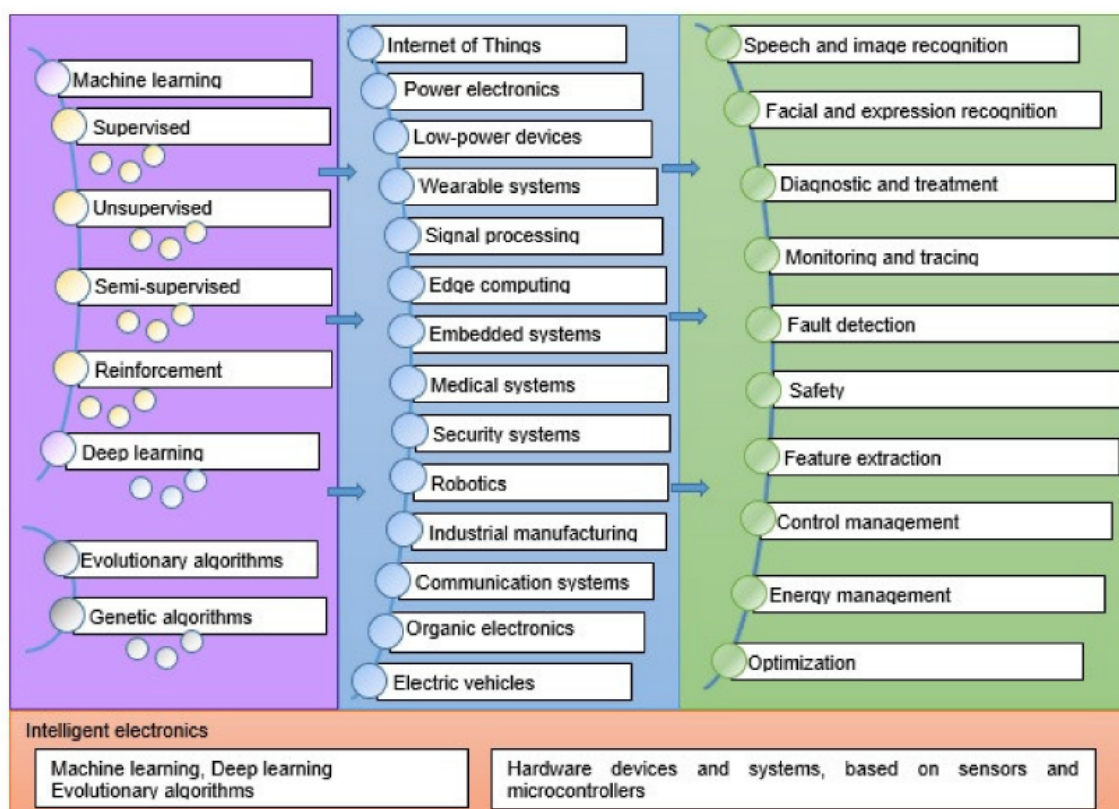


Figure 13. Conceptual framework about utilization of machine learning in electronics.

Нивото на квалификация и професионализъм на персонала във всяка сфера на индустрията е основополагащ фактор за успех. Това изисква процеса на обучение на персонала и нивото на квалификацията на работници, служители и експертен персонал да отговаря на стратегическите цели на всяка производствена компания, а когато става дума за електроника критериите са още по-завишени. Учебните заведения – училища, гимназии и университети са отговорни за качеството на подготовка на бъдещите специалисти. Прилагането на методите на машинно обучение в мониторинга и оценката на обучителния процес и развитието на всеки един обучаем е възможност да се приложат навременни мерки осигуряващи успеха при създаване на специалисти на актуални ниво отговарящо на потребностите на индустрията. В **Educators' Support Through Predictive Analytics in an Assessment Process Ivanova, M., Petkova, P., Petrova, T. Lecture Notes in Networks and Systems** [This link is disabled.](#), 2023, 769 LNNS, pp. 151–162, е представена методология в подкрепа на преподавателите, когато един трябва да се направи оценка на цифровите обекти. Използва се за класификация на обучаемите при управлявани от цифрови процеси прогнозиране на техния напредък в ученето и представянето им. Точността на класификатора (Artificial Neural Network) в различни случаите на употреба са оценени и е

Хабилитационен труд – научни публикации

доказана високата им стойност. Методологията е съставена от процедура в три стъпки като се изготвят набор с критерии за оценка на задачите, тъй като задачите са свързани със създаване на специфични цифрови модели. В общия случай броят на задачите в курсът е n и обучителят трябва да създаде n комплекта с критерии (Сценарий за оценка 1). Критериите отразяват спецификата на цифровите модели и стъпките/правилата за тяхното създаване. Когато задачите са сходни и цифровите обекти, които трябва да се разработят от учениците, са подобни, тогава преподавателят използва същия набор от изисквания, за да оцени тези подобни задачи (Сценарий за оценка 2). Тук, в сценарий 1 и сценарий 2, обучителят е улеснен чрез изготвяне на шаблони за оценка с критерии. Във втората стъпка данните за оценка от цифровите модели на учениците се събират, като се вземат предвид подготвените набор/и с критерии. Наборите от данни са етикетирани като прогнозни променливи са прогреса на обучаемите (Learning Progress) и представянето им в обучението (Learning Performance). Според напредъка на обучението (Learning Progress) обучаемите се класифицират в три групи: най-слабо развити, развиващи се и развити. Според представянето им в обучението се формират три групи обучаеми: с висока, средна и ниска производителност на обучение, базирано на модел. Пи третата стъпка се прилага алгоритъм за машинно обучение за прогнозиране на групата на ученика, като се има предвид неговото/нейното Learning Performance и Learning Progress. ML моделът за решаване на проблеми с класификацията се изгражда посредством алгоритъм на изкуствена невронна мрежа (ANN), след което се прави оценка на модела. Моделът е представен графично на fig.1.

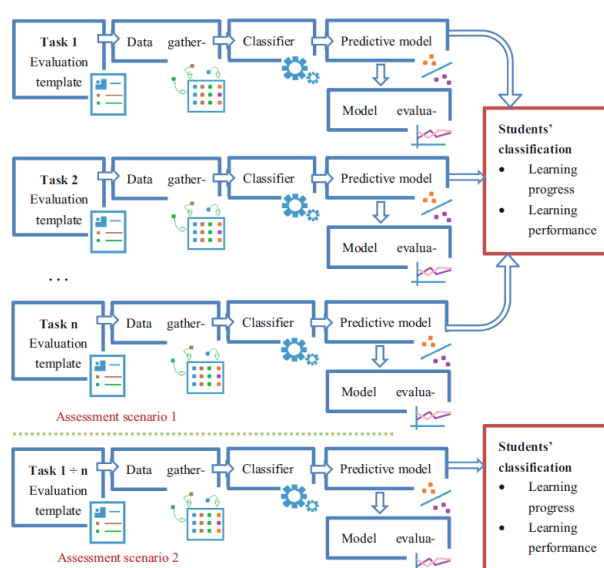


Fig. 1. Proposed methodology for predictive assessment

Хабилитационен труд – научни публикации

За да се верифицира предложената методология са приложени 3 частни случая по три различни предмета от учебната програма на студенти в областта на промишлената топлоенергетика, приложната електроника и компютърната техника. Подготвят се няколко набора от данни, като всеки отговаря на дадена задача за оценяване, която е свързана с изграждането на цифрови обекти. Общият напредък на учениците в курсът също се предвижда, като се има предвид техният напредък в обучението в задачите за оценка. Точността на моделите се сравнява, като се намира оптималното състояние според структура на ANN и нейните параметри за обучение. Тъй като получените грешки за всички модели са относително малки, може да се заключи, че напредъкът на обучаемите Learning Progress и представянето от обучението Learning Performance може да се предвиди с голяма точност. С навременен анализ на тези два параметъра чрез предложения алгоритъм за ML обучителите могат успешно да планират подобрения и да ги прилагат в учебния процес с цел предотвратяване на отпадането на учениците и повишаване на качеството и успеваемостта във висшето учебно заведение.

София, 30.05.2025 г.

Подпис:

/гл. ас. д-р Петя Петкова/