

ПРИЛОЖЕНИЯ НА ИЗКУСТВЕНИЯ ИНТЕЛЕКТ И НЕВРОННИТЕ МРЕЖИ В ИНДУСТРИЯТА

Автор: Проф. д-р инж. Румен Трифонов

Технически университет – София

**Първа лятна школа по невроинформатика, невронни
мрежи и невронни компютри (SS-NNN)**

Созопол, България, 19-20 септември 2023 г.

Въведение (1)

В международния стандарт ISO/IEC 2382, разработен от Комитета ISO/IEC JTC 1/SC 42 „Изкуствен интелект (AI - Artificial Intelligence)“, последният е описан като клон на компютърните науки, посветен на разработването на системи за обработка на данни, които изпълняват функции, обикновено свързани с човешка интелигентност, като логическо мислене, учене и самоусъвършенстване. От гледна точка на индустрията, технологиите за изкуствен интелект се определят като **„методи и процеси, които позволяват на техническите системи да възприемат своята среда, да обработват това, което се възприема, да решават проблеми независимо, да намират нови решения и по-специално, да се учат от опита и по този начин да подобрят процеса на решаване на задачи и проблеми“**.

Големият интерес към изкуствения интелект води до много различни дейности в голям брой асоциации, институции, консорциуми и общества по отношение на приложението и стандартизацията. Съветът по стандартизация Industry 4.0 (SCI 4.0) създаде **Експертен съвет по изкуствен интелект в промишлени приложения**, за да избегне паралелната допълнителна работа по стандартизацията на изкуствения интелект за промишлени приложения, да насърчи обмена между тези различни дейности и в крайна сметка да развие координация и хармонизация на дейностите по стандартизация в тази област.

Въведение (2)

Производственият сектор е много добро поле за приложение на изкуствения интелект с нарастващото възприемане на принципите на Индустрия 4.0. Системите, базирани на AI, могат да се използват в много аспекти на индустриалното производство, включително във фазата на проектиране, в производствените етапи, по веригата на доставки, а също и в администрацията и управлението. Настоящите предварително дефинирани производствени линии могат да бъдат трансформирани в гъвкави и променливи, динамични производствени и сервизни екосистеми. По този начин могат да се реализират продукти, процеси, услуги или нови бизнес модели, които са оптимизирани, по-адаптивни, по-устойчиви на грешки. Решаващ фактор тук е високата адаптивност и способност за решаване на проблеми на техническата система.

The Application of AI to Industry 4.0 Advantages



1.
SMART
FACTORIES



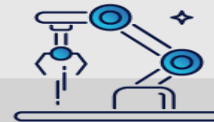
2.
PREDICTIVE
MAINTENANCE



3.
COMPUTER
VISION



4.
CYBER-PHYSICAL
SYSTEMS



5.
INDUSTRIAL
ROBOTS

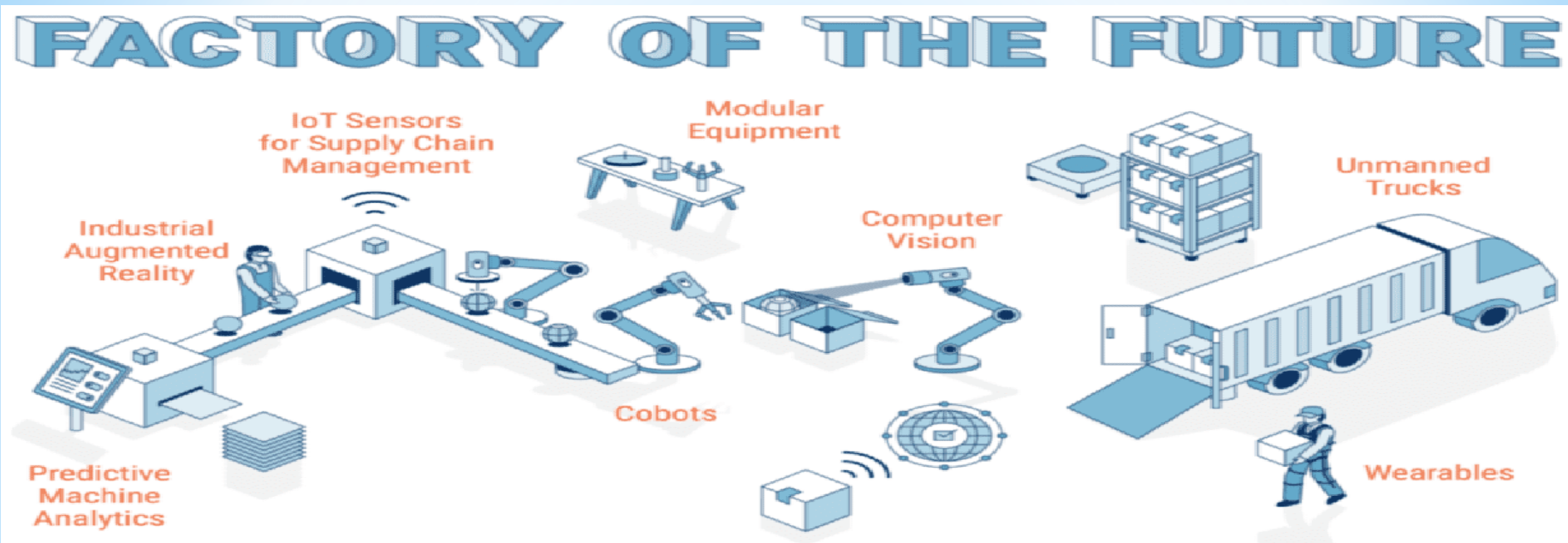
Сред най-популярните отрасли в индустрията, в които намират приложение технологиите за изкуствен интелект, са производството на електроника и полупроводникови устройства, енергетиката, фармацевтичната индустрия, автомобилостроенето, тежкото машиностроене и др. Открояват се следните основни приложения на AI технологията в производството:

А. Умни фабрики (1)

Този термин описва силно дигитализирана и свързана среда, където машините и оборудването са в състояние да подобрят производствените процеси чрез автоматизация и самооптимизиране. Ползите се простират отвъд физическото производство на стоки и във функции като планиране, логистика на веригата за доставки и дори разработване на нови продукти. Дефинирани от способността си да използват големи количества данни, умните фабрики в Индустрия 4.0 използват AI в работните си процеси, като подобряват контрола на качеството, стандартизацията и поддръжката, произвеждат предсказуеми анализи на функционалността на оборудването и щателно рационализират фабричните линии. Основен двигател на растежа на приложенията на AI в индустриалната автоматизация е нарастващата нужда от интегриране на технологии за обработка и анализ на големи масиви от данни (big data). В допълнение, нарастващото използване на камери за компютърно зрение в различни производствени приложения, като визуална инспекция, обработка на материали, поддръжка на оборудване и контрол на качеството, ускорява навлизането на AI в индустрията.

Интегрирането на AI технологиите във веригите за доставки на производствените предприятия прави възможно идентифицирането на модели в търсенето въз основа на времеви, социално-икономически и географски фактори.

А. Умни фабрики (2)



Сензорите позволяват наблюдение на специфични процеси в цялата фабрика, повишавайки осведомеността за случващото се на множество нива. Например, сензорът за вибрации може да предостави предупреждение, когато двигатели, лагери или друго оборудване трябва да бъдат обслужени.

В умните фабрики свръхсвързаните производствени процеси разчитат на различни машини, които комуникират помежду си, разчитайки на платформи за автоматизация, базирани на изкуствен интелект, за събиране и анализиране на всички видове данни, като изображения, стандартизиран текстов код и категоризирани фиксирани полета текст.

Б. Прогнозна поддръжка (1)

Прогнозната поддръжка позволява ранно идентифициране и предотвратяване на различни проблеми и неизправности в работата на производственото оборудване. Вместо да извършва поддръжка по фиксиран график, прогнозната поддръжка използва алгоритми за прогнозиране на следващата повреда на компонент/машина/система и след това предупреждава персонала да изпълни целенасочени процедури за поддръжка, за да предотврати повредата, но не твърде рано, за да прекъсва ненужно работния процес.



Успехът на прогнозната поддръжка зависи от способността да се синтезират изводи от масивни набори от данни, често с минимални данни за обучение. Системите за превантивна поддръжка, включително усъвършенствани алгоритми за изкуствен интелект, функции за машинно обучение (макар и различна категория - неконтролирано, а не контролирано обучение) и изкуствени невронни мрежи са способни да правят точни прогнози за предстоящи проблеми и неизправности с даден компонент, възел или система. В допълнение към намаляването на непланираните престои, интелигентната поддръжка също помага за удължаване на оставащия полезен живот на машината или оборудването.

Б. Прогнозна поддръжка (2)

Основна цел на прогнозната поддръжка е да се намерят модели, които могат да помогнат за прогнозиране и в крайна сметка да минимизират прекъсванията и свързаните с тях неудобства и загуби, да предскажат и елиминират бъдещи повреди и да помогнат за навременно разрешаване на съществуващи ситуации.

Прогнозната поддръжка също води до по-дълъг полезен живот на машините и оборудването, тъй като се предотвратяват вторични повреди, докато се изисква по-малко работна ръка за извършване на процедури по поддръжка.

Текущи проучвания в областта показват, че разходите, свързани с непланирани прекъсвания в работния процес, струват на индустриалните производители около 50 милиарда USD годишно, а повреди в производствените машини са причина за 42% от всички случаи на непланирани прекъсвания. Системите за предсказуема поддръжка, базирани на изкуствен интелект, могат да увеличат производителността на оборудването с до 20% и да намалят разходите за обслужване и ремонт с до 10 %.

В. Подобрена производителност

Намаляването на производствените загуби и предотвратяването на неефективността в производствения процес винаги е било постоянна борба за производителите от всички сектори. С помощта на изкуствения интелект индустриалните предприятия биха могли значително да намалят обемите на бракуваните продукти и да извлекат много повече стойност от материалите и ресурсите, използвани в производствения процес. Това става възможно, благодарение на различни алгоритми за идентифициране на причините за загуба на производителност, които могат да бъдат отстранени чрез промени в технологичните процеси или дизайна на продукта. Използването на AI разкрива скритите причини за голяма част от многогодишните производствени загуби, с които производителите се сблъскват ежедневно. Това се прави чрез непрекъснат, многовариантен анализ, използващ алгоритми за машинно обучение, които са уникално обучаеми да разбират отблизо всеки отделен производствен процес. Използваната специфична техника за машинно обучение се нарича „**обучение под наблюдение**“, при което алгоритъмът се обучава да идентифицира тенденции и модели в данните. След това могат да се генерират автоматизирани препоръки и предупреждения, за да се информират производствените екипи и инженерите по процесите за предстоящ проблем и безпроблемно да се споделят важни знания за това как да се предотвратят загубите, преди те да се случат. Ефектът от подобни решения също може да бъде значителен. Като пример, маркетингова фирма цитира производството на полупроводникови устройства, където намаляването на скрап и разходите за тестване може да смекчи отрицателното въздействие върху производителността с до 30% от общите производствени разходи.

Г. Управление на качеството (1)

Едно от най-забележителните въздействия на машинното обучение в производственото пространство е способността му да повишава ефективността, без да променя значително съществуващите ресурси. Пример за това е откриването на грешки в реално време.

Концепцията за постигане на високо качество в контекста на Индустрия 4.0 включва използването на алгоритми за изкуствен интелект за уведомяване на производствените екипи за предстоящи или вече възникващи проблеми, които биха могли да повлияят на качеството на продукцията. Такива могат да бъдат отклонения от установените рецепти или процедури, привидно незабележими аномалии в поведението на машините, промяна в качеството на суровините и др.

Ранното разрешаване на тези проблеми с помощта на технологии, базирани на изкуствен интелект, помага за постигане и поддържане на високо качество. Допълнителна възможност е събирането на подробни данни за употребата и поведението на продукта по време на неговата работа.

Изкуственият интелект създава възможности за разработване на нови процедури за тестване и контрол на качеството. С помощта на системи за машинно обучение и усъвършенствано разпознаване на изображения индустриалните производители могат значително да увеличат степента на автоматизация на визуалната проверка и откриването на дефекти на продуктите.

Г. Управление на качеството (2)

Устройствата за видео стрийминг, които са интегрирани с машинно обучение, могат да анализират продукта и незабавно да оценят качеството му, като откриват всички потенциални дефекти по време на производствения процес. Използвайки изкуствен интелект, визуален анализ и мониторинг на процеси на живо, инженерите получават полезна информация в реално време, за да коригират тези дефекти. В допълнение, дефектните продукти могат да бъдат напълно автоматично премахнати от производствената линия, което спомага за постигане на още по-висока производствена ефективност. Процедурите за контрол на качеството, базирани на изкуствен интелект, могат да увеличат производителността с до 50% и да допринесат за до 90% по-точно идентифициране на дефектни продукти в сравнение с конвенционалната визуална проверка, извършвана с просто око. Основната идея е да се използват данните, генерирани преди, по време и след производствения процес, за да се получат прогнози за качеството на продукта или прогнози за бъдещи дефекти на продукта. Това определено е работа за изкуствения интелект, тъй като големият обем генерирани производствени данни прави невъзможно човешкият ум да разбере всички различни връзки между сигналите.

Примери за използване на предсказуем анализ в автомобилната индустрия са идентифициране на дефектни трансмисии, прогнозиране на повреди в скоростната кутия и откриване на аномалии при неизправности на двигателя. Всички тези случаи включват модели, базирани на машинно обучение – подмножество от изкуствен интелект – и във всеки от тях моделите успяват да произведат много точни резултати дори с минимални данни за обучение.

Д. Управление на веригата за доставки

Повечето големи индустриални производители днес имат сложни и дълги вериги на доставки, които включват хиляди различни продукти, компоненти и специални инструменти. Всяко забавяне, злополука или грешка при изпълнението на поръчка може да струва много на предприятието, както и да доведе до временно затваряне на отделни производствени единици. С помощта на изкуствения интелект производителите биха могли много по-точно да предвидят сложните взаимодействия между отделните производства и ефективно да автоматизират много дейности. Изкуственият интелект прониква в цялата екосистема на Индустрия 4.0 и не се ограничава до производствения цикъл.

Например, използването на алгоритми на изкуствения интелект за оптимизиране на веригата за доставки на производствени операции спомага да се реагира навреме и да се предвиждат промените на пазара. За да изгради оценки на пазарното търсене, алгоритъмът може да вземе предвид модели на търсене, категоризирани по дата, местоположение, социално-икономически характеристики, макроикономическо поведение, политически статус, климатични модели и др. Това е новаторско за производителите, които могат да използват тази информация, за да оптимизират контрола на запасите, персонала, консумацията на енергия, суровините и да вземат по-добри финансови решения по отношение на фирмената стратегия.

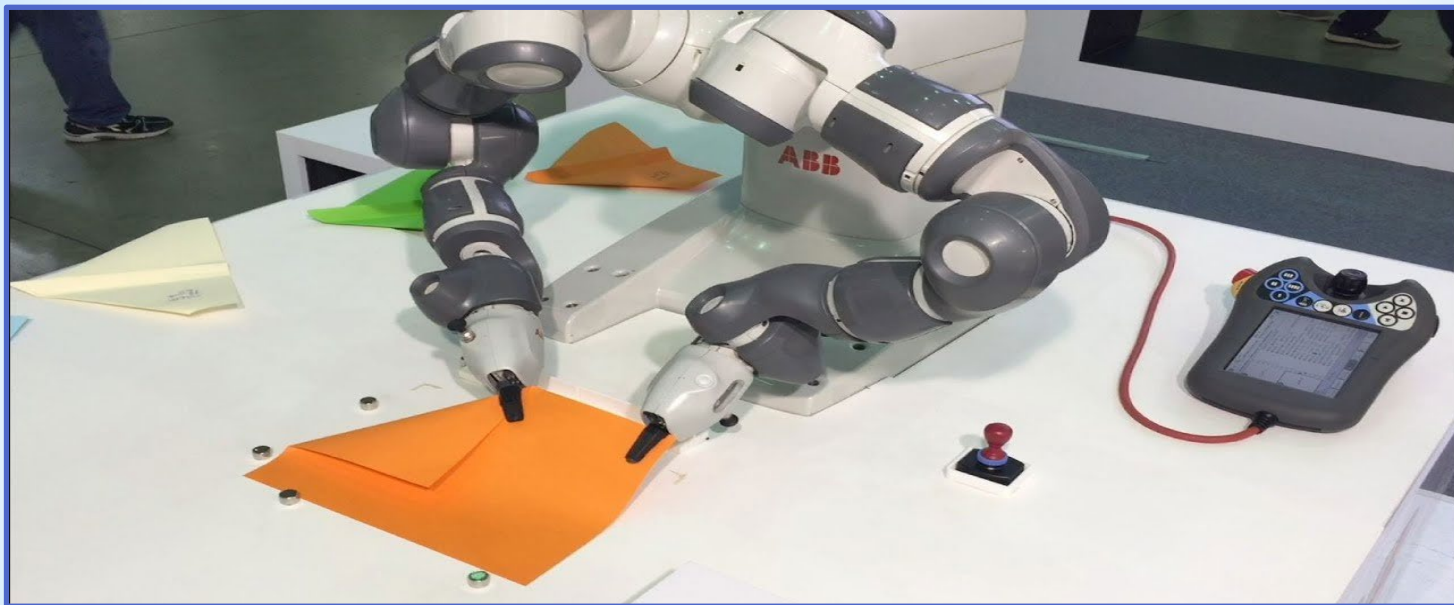
Такава платформа за управление на веригата за доставки има потенциала да намали грешките при планиране с 20 до 50% и да оптимизира процеса на попълване. В допълнение, неизпълнените продажби в резултат на недостатъчни запаси могат да бъдат намалени с до 65%.

Е. Сътрудничество между хора и роботи (1)

Добавянето на изкуствен интелект към индустриалните роботи им позволява да наблюдават работните пространства за променящи се условия и да се адаптират към тях. Това може да подобри точността и надеждността на работа, както и да даде възможност за по-модерни форми на мобилност. Контекстно осъзнатите роботи (за разлика от техните конвенционални колеги, които могат да изпълняват фиксирани задачи в пространствено ограничени работни зони) използват компютърно зрение и изкуствен интелект и могат да функционират свободно в споделена работна среда с хора. Тези роботи могат да „усещат“ и избягват хора и различни препятствия по пътя си на движение, докато изпълняват задачи като откриване, повдигане и преместване на компоненти и продукти.

Според изчисленията на пазарни анализатори, използването на колаборативни и контекстно осъзнати роботи може да помогне за увеличаване на производителността в редица индустриални приложения с до 20%. С помощта на изкуствения интелект много от промишлените роботи на бъдещето биха могли по този начин да се самообучават и самопрограмират в движение, без необходимост от отнемаша време и скъпа конфигурация чрез въвеждане на цели пакети код за задаване на стриктни процедури, например, за сглобяване на части.

Е. Сътрудничество между хора и роботи (2)



Тези интелигентни роботи от следващо поколение могат автоматично да четат спецификациите на работна задача и независимо да ги превеждат в изпълними програми.

Някои от водещите компании в областта на роботиката и индустриалната автоматизация разработват прототипи на роботи, които са способни автоматично да четат и следват инструкции от CAD програми при производството на различни компоненти и продукти без никакво програмиране.

Ж. Компютърно зрение

Компютърното зрение е област на компютърните науки, която се фокусира върху **способността на компютрите да идентифицират и обработват обекти в изображения и видеоклипове** по същия начин, по който го правят хората. Благодарение на напредъка в областта на изкуствения интелект и иновациите в дълбокото обучение и невронните мрежи, компютърното зрение успява да надмине хората в някои задачи, свързани с откриване на обекти и етикетиране. Тясно свързани с индустриалната роботика, приложенията за компютърно зрение в индустриалното пространство най-често включват визуални инспекции. Изкуственият интелект има две ясни предимства пред хората, когато става въпрос за визуална проверка: скорост и точност. Система за компютърно зрение, използваща камери, които са по-чувствителни от невъоръженото око и подсилена с изкуствен интелект, може да идентифицира микроскопични дефекти, които хората-инспектори могат да пропуснат, със скорост, много по-голяма от човешките възможности.

Например, Audi използва система за компютърно зрение, за да идентифицира пукнатини в метала по време на производствения процес. Тъй като това решение се основава на Deep Learning – инженерите на Audi са прекарвали месеци в обучение на своята невронна мрежа, използвайки няколко милиона тестови изображения. Това първоначално усилие се отплаща, тъй като системата вече е способна да открива пукнатини в изцяло нови изображения.

3. Генеративен дизайн

Изкуственият интелект трайно трансформира процеса на проектиране, като така нареченият генеративен дизайн става все по-популярен. Терминът описва намирането на **оптимално дизайнерско решение с помощта на софтуер с изкуствен интелект въз основа на параметри, зададени предварително** от дизайнери и продуктови инженери. Първоначалната „задача“, въведена в платформата, може да включва данни за различни ограничения, фактори и променливи, включително видове материали, налични производствени методи, бюджетни и времеви ограничения и др.

Алгоритъмът за генеративен дизайн изследва всяка възможна конфигурация и подчертава най-добрите решения. Тестовата фаза предоставя допълнителна информация за това кой дизайн би бил рискован и кой би бил най-подходящ за различни сценарии. Процесът може да се повтори достатъчен брой пъти, докато се установи най-оптималното решение. Сред основните предимства на този подход е фактът, че AI алгоритъмът е напълно обективен. Той не се придържа към никакви принципи, които хората смятат за логични и водят процеса на проектиране към подобни резултати. Софтуерът не прави предположения, а работи с доказани твърдения. Всяка стъпка от потенциалното решение се тества за приложимост в реални условия и спрямо множество производствени сценарии, фактори и условия.

Според проучвания, потенциалът на изкуствения интелект и машинното обучение в областта на дизайна на проекти е огромен и в резултат на внедряването им могат да се постигнат икономии на разходи от 10 до 15%, както и съкращаване на периода от дизайна до пускането на пазара реализация с около една десета.

И. Кибер-защита (1)

Системите за индустриална автоматизация и управление (IACS) имат значителни обективни разлики от информационните системи по отношение на киберсигурността. Тези разлики се дължат на първо място на наличието в IACS на **втори компонент на киберсигурността (освен информационната сигурност) – така наречената функционална безопасност**. Съгласно разпоредбите на международния стандарт IEC 61508, функционалната безопасност се отнася до правилното функциониране както на системата за управление, така и на оборудването, контролирано от нея.

Освен това, докато в информационните системи така наречените „**канали за заплахи**“ са почти идентични, типичната IACS взаимодейства с няколко „канала за заплахи“, всеки от които има свои специфични характеристики (различни видове заплахи, характеристики и инструменти на нападателите).

Като цяло, такава система, отговаряща на дефиницията на "Индустрия 4.0", има следните интерфейси:

- **интерфейс със сензори**, които могат да бъдат: "тънки", "интелигентни" – от типа на Интернет на нещата (IoT), "интелигентни", но комуникиращи със системата със специфичен ICS протокол, например IEC 60870-5-101, версия на протокола за разпределена мрежа 3.0 (DNP3) и Modbus;
- **интерфейс с изпълнителни механизми** с различна сложност;
- **интерфейс с ERP** (Enterprise Resource System) на организацията (която може да бъде в "облачна" реализация);
- **интерфейс със системата на производителя** за "on-line" диагностика и софтуерен ъпгрейд и др.

И. Кибер-защита(2)

Съществен момент при интерпретирането на заплахите е наличието в IACS на т. нар. „**опасни откази**“ (застрашаващи живота и здравето на хората и състоянието на околната среда). Всичко това обуславя специфичен подход в случай на прилагане на методите на изкуствения интелект за постигане на определено (съгласно приетите норми и правила) ниво на IACS киберсигурност. За решаване на проблеми със сигурността се използват различни алгоритми, разделени в няколко категории.

Практиката показва, че "универсални" методи няма. Те имат своите предимства и недостатъци за всеки конкретен случай. Изборът зависи от решаването на конкретната задача: **прогнозиране на стойности с регресия, намиране на необичайно поведение с откриване на аномалия, откриване на различна структура с групиране, прогнозиране на категории с класификация и пр.**



И. Кибер-защита (3)

От своя страна, наличието на различни „точки на контакт” поражда необходимост от нови форми на **инфраструктурата за сигурност**, която може да предоставя навременна оперативна информация за заплахите и да извършва целенасочени и ефективни защитни и смекчаващи действия.

Едно от тези направления е **децентрализацията**, която допринася за:

- разделяне на мрежата, прилагане на политики за маршрутизиране и комутиране;
- въвеждане на различия в операциите с различни среди, които често не са оперативно съвместими;
- разширяване обхвата на действие за различни видове защитени устройства;
- разпределена обработка за анализ на пакети, софтуер, поведение, събития и регистрационни файлове и др.

Проведеното изследване сочи препоръка за **децентрализиран подход** към устройствата за сигурност на съответните "точки на контакт" на системата. В тази ситуация за всяка такава „точка на контакт“ трябва да се извърши съответна процедура за избор на методи за изкуствен интелект за ефективна защита срещу кибератаки в зависимост от преобладаващите киберзаплахи за дадената точка.

Заклучение

Индустриалният сектор е много добро поле за приложение на изкуствения интелект с нарастващото приемане на Индустрия 4.0 като стратегия. Ползите от внедряването на базирани на него решения вече са с доказани резултати. Тези системи могат да се използват в много аспекти на индустриалното производство, включително във фазата на проектиране, в производствените етапи, по веригата на доставки, а също и в администрацията и управлението. Изкуственият интелект усъвършенства бизнес-интелекта, който е важен фактор в глобалната икономика.

Тази нова стъпка в индустриалната революция повдига въпроси за това как да се интегрира изкуственият интелект в сложни системи, как да се ориентират различните бизнес сектори към промяна, как ще се генерират нови работни места. За да останат конкурентоспособни на днешния глобален пазар, промишлените производители са изправени пред предизвикателството да оптимизират всеки възможен аспект от своите операции, от веригата за доставки, ресурсите и управлението на доставките, до дизайна на продукта, логистиката и услугите. Тази необходимост изисква тотално преосмисляне на бизнес целите и средствата за постигането им.

Освен това е необходимо допълнително да се подобрят както сценариите за приложение (технологично неутрални), така и създаването на **обща стандартизационна и методологична рамка** за функционирането на технологиите и методите за изкуствен интелект, подходящи за Индустрия 4.0.