

Umjetna inteligencija u svinjogojskoj proizvodnji

Hanžek, Patricia

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:940665>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-08**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Patricia Hanžek

Prijediplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Zootehnika

Umjetna inteligencija u svinjogojskoj proizvodnji

Završni rad

Osijek, 2024.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Patricia Hanžek

Prijediplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Zootehnika

Umjetna inteligencija u svinjogojskoj proizvodnji

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Izv. prof. dr.sc. Dalida Galović, član
2. Izv. prof. dr.sc. Vladimir Margeta, mentor
3. Izv. prof. dr.sc. Danijela Samac, član

Osijek, 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, modul Zootehnika
Patricia Hanžek

Završni rad

Umjetna inteligencija u svinjogojskoj proizvodnji

Umjetna inteligencija sve više igra ključnu ulogu u modernoj svinjogojskoj proizvodnji, poboljšavajući efikasnost, zdravlje životinja i profitabilnost. Neke od glavnih promjena umjetne inteligencije u ovoj industriji uključuju: praćenje zdravlja svinja pomoću kamera, senzora i analitike podataka koju koriste za praćenje ponašanja i zdravlja svinja, optimizaciju hranidbe, automatizacija u proizvodnji, upravljanje genetikom te optimizaciju okolišnih uvjeta na način da prati uvjete u stajama i automatski prilagođava postavke kako bi se osigurali optimalni uvjeti za rast i zdravlje svinja.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, svinje, zdravlje, uzgoj, automatizacija

38 stranica, 0 tablica, 12 grafikona i slika, 31 literaturni navod

Završni rad pohranjen je: u knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Zootechnique

BSc Thesis

Artificial intelligence in pig production

Artificial intelligence is increasingly playing a key role in modern pig farming, improving efficiency, animal health and profitability. Some of the main applications of artificial intelligence in this industry include: health monitoring of pigs using cameras, sensors and data analytics to monitor the behavior and health of pigs, feed optimization, automation in production, genetic management and optimization of environmental where AI systems monitor conditions in barns and automatically adjust settings to ensure optimal conditions for pig growth and health.

Keywords: artificial intelligence, pigs, health, farming, automation

38 pages, 0 tables, 12 graphs and figures, 31 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek and in digital repository of Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	UMJETNA INTELIGENCIJA U STOČARSTVU.....	3
2.1.	Poboljšanje genetske selekcije uz pomoć umjetne inteligencije	4
2.2.	Umjetna inteligencija u poboljšanju reproduktivnih svojstava svinja	5
3.	PROBLEM GRIZENJA REPOVA U UZGOJU SVINJA	7
3.1.	Uzrok grizenja repova.....	7
3.2.	Umjetna inteligencija u prevenciji grizenja repova	8
4.	ROBOTSKI UREĐAJI NA FARMI SVINJA	10
4.1.	Roboti za hranjenje.....	10
4.2.	Roboti za održavanje higijene u svinjogojskoj proizvodnji	11
4.3.	Robotski sustav za transport u svinjogojskoj proizvodnji	13
4.4.	Robotski sustav za ventilaciju i kontrolu okoline.....	14
5.	SUSTAV ZA OZNAČAVANJE I IDENTIFIKACIJU.....	16
5.1.	RFID sustav označavanja svinja.....	16
6.	PREVENCIJA BOLESTI UZ POMOĆ UMJETNE INTELIGENCIJE.....	20
7.	UMJETNA INTELIGENCIJA U PROIZVODNJI SVINJSKOG MESA	25
8.	PAMETNA FARMA	29
9.	ZAKLJUČAK.....	33
10.	LITERATURA	34
11.	POPIS SLIKA	38

1. UVOD

U zadnje vrijeme vrlo često se čuje za pojam umjetne inteligencije i sama primjena umjetne inteligencije se proteže na razne sektore poput zdravstva, transporta, financija, industrija pa tako i poljoprivrede. Umjetna inteligencija je grana računalne znanosti koja se bavi razvojem sustava i algoritama sposobnih za obavljanje zadataka koji obično zahtijevaju ljudsku inteligenciju. Kako umjetna inteligencija napreduje, ona ima potencijal transformirati industrije i načine na koje radimo, živimo i međusobno komuniciramo, donoseći nova rješenja za izazove s kojima se čovječanstvo suočava u svakodnevnom životu. Razvoj tehnologije u poljoprivredi, a posebno u stočarstvu u posljednjih nekoliko godina doživljava uspon kroz primjenu umjetne inteligencije. Korištenje umjetne inteligencije omogućuje unapređenje mnogih aspekata proizvodnje, od uzgoja i hranidbe do praćenja zdravstvenog stanja i optimizacije radnih procesa na farmama. Korištenje senzora i analiza podataka putem umjetne inteligencije daje farmerima, odnosno stočarima, precizne informacije na temelju kojih mogu donositi brže i učinkovitije odluke. Također korištenjem sustava vođenih umjetnom inteligencijom ubrzali su se procesi na farmama od jednostavne hranidbe sve do kompliciranijih radnji poput transporta hrane i gnoja pa čak i transporta životinja, ljudski rad više nije toliko potreban čime su se i smanjile ozljede na radu i teški fizički napori za čovjeka jer su robotski uređaji vođeni umjetnom inteligencijom zamijenili ljudski rad i sve mogu obavljati sami zato što su programirani na način da sami znaju kada treba hraniti, koliko treba hraniti i na koji način se treba hraniti određena grupa životinja u različitim boksovima te kada treba čistiti i prati te vršiti dezinfekciju. Programirani su također da prepoznaju drugačije ili abnormalno ponašanje u boksovima i na taj način šalju signale kako bi se optimalizirali uvjeti u staji te spriječile moguće ozljede ili agresivno ponašanje pa čak signaliziraju i kada je nekoj životinji u boksu potrebno liječenje tj hitna intervencija čovjeka.

Unatoč brojnim prednostima koje nam pruža korištenje umjetne inteligencije u svakodnevnom životu, postoji i niz loših stavki poput pretjeranog oslanjanja čovjeka na informacije i tehnike koje pružaju izvori umjetne inteligencije, što znači da neke informacije koje dolaze od strane umjetne inteligencije ne moraju biti sasvim točne i upravo zato se čovjek nebi trebao previše oslanjati na te izvore već bi se trebao osloniti i na svoju inteligenciju te sposobnosti razmatranja. Osim toga, umjetna inteligencija je napravljena od

strane čovjeka kako bi uz pomoć nje došao do napretka i određenih informacija odnosno neke vrste pomoći u određenim značajnim sektorima, što znači da umjetna inteligencija nije nešto što 100% odlučuje i utvrđuje već se koristi na način da čovjek mora utvrditi ispravnost podataka koje dobije.

U slučaju uzgoja svinja, dok su tradicionalne metode polučile značajan uspjeh, sve veća količina informacija zahtijeva usvajanje novih tehnologija kao što je UI za poticanje produktivnosti, poboljšanje dobrobiti životinja i smanjenje utjecaja na okoliš. Trenutačni nalazi sugeriraju da ove tehnike imaju potencijal usporediti ili nadmašiti učinkovitost tradicionalnih metoda, često su skalabilnije u smislu učinkovitosti i održivosti unutar industrije uzgoja.

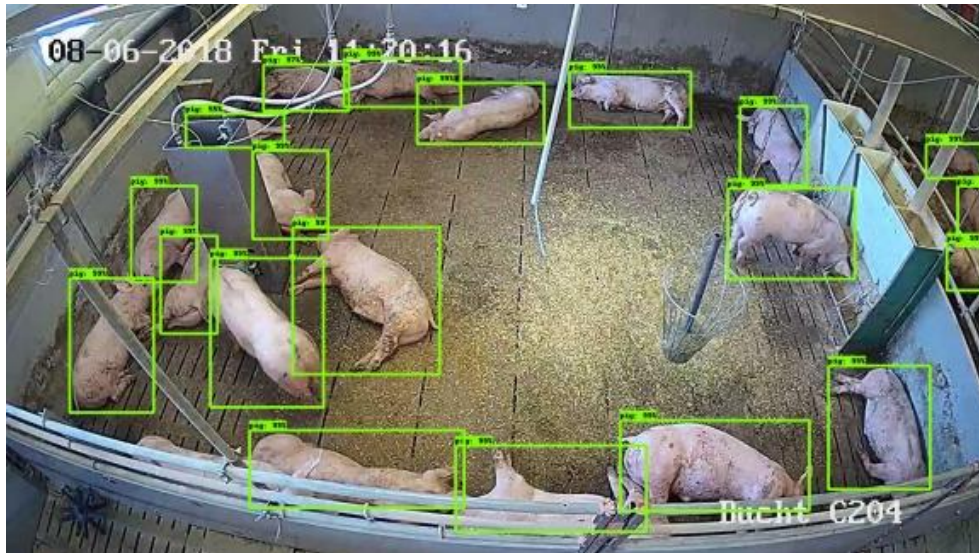
Cilj ovog rada je prikazati umjetnu inteligenciju kao nešto dobro i inovativno u razvoju poljoprivrede što će nam pomoći da dođemo do novih saznanja i tehnika kako bismo poboljšali način rada i ubrzali određene procese rada.

2. UMJETNA INTELIGENCIJA U STOČARSTVU

Umjetna inteligencija značajno je promijenila načine na koje se upravlja stočarskom proizvodnjom, pružajući alate za automatizaciju, praćenje i analizu koji povećavaju učinkovitost, smanjuju troškove i poboljšavaju zdravlje i dobrobit životinja. Pomoću umjetne inteligencije omogućeno je stočarima da preciznije upravljaju svojim farmama na razne načine, kao na primjer: praćenje zdravlja i ponašanja životinja pomoću senzora i kamera na stajama ili na samim životinjama, optimizacija hranidbe, automatizacija proizvodnih procesa, poboljšanje genetske selekcije, predviđanje proizvodnih trendova, održivost i smanjenje ekološkog otiska, bolja sigurnost hrane i sljedivost te poboljšanje uvjeta za radnike (Cang i sur., 2019.). Umjetna inteligencija može pratiti zdravlje i ponašanje životinja uz pomoć senzora i kamera na način da prikupljaju podatke o temperaturi, unosu vode i hrane te ponašanju, također može prepoznati i neke rane znakove bolesti. Na temelju podataka o životinji umjetna inteligencija može optimizirati prehranu svake životinje na način da izračuna idealan omjer hranjivih tvari i time spriječi rasipanje i poveća prirast (Lee i sur., 2022.). Robotski uređaji na farmama uz pomoć umjetne inteligencije mogu sami voditi neke poslove bez potrebe za ljudskim nadzorom i to su na primjer kod uzgoja krava uređaji za mužnju koji sami kontroliraju ulazak krave, prepoznaju kravu, vrše dezinfekciju vimena i stroja nakon mužnje, postavljanje sisnog sklopa pomoću preciznog mjerenja položaja sisa na vimenu te mjerenje količine litara mlijeka za pojedinu kravu. Također postoje roboti koji uz pomoć umjetne inteligencije vrše hranidbu u točnoj količini prema potrebama svake životinje (Fuentes i sur., 2021.).



Slika 1. Robotski uređaj za mužnju (Izvor: Rastija, K. (2017.))



Slika 2. Detektor pozicije i ponašanja svinja

Izvor: Gallmann, E. (2020.)

2.1. Poboljšanje genetske selekcije uz pomoć umjetne inteligencije

Umjetna inteligencija može nam uvelike pomoći u poboljšanju genetske selekcije na način da pronalazi i analizira genetske podatke o životinji, a ti podatci omogućuju bržu i precizniju procjenu genetskog potencijala i dovode do boljih rezultata u uzgoju. Korištenje umjetne inteligencije u genetskim programima može pomoći pri stvaranju jedinki koje su otpornije na bolesti, imaju puno veći potencijal za proizvodnju mlijeka ili mesa i troškovi njihove proizvodnje nisu puno veći ili nisu uopće veliki (Neethirajan i sur., 2023.).

Umjetna inteligencija u stočarstvu ima potencijal značajno unaprijediti proizvodne procese, smanjiti troškove, poboljšati zdravlje i dobrobit životinja te povećati održivost poljoprivrede. Korištenjem tehnologija kao što su strojno učenje, senzori, automatizacija, stočari mogu donijeti informirane odluke, bolje upravljati resursima i odgovoriti na izazove suvremene poljoprivredne proizvodnje (Chen i sur., 2020.). Umjetna inteligencija može igrati ključnu ulogu u odabiru svinja, pomažući poljoprivrednicima da optimiziraju uzgoj, upravljanje zdravljem i ukupnu produktivnost.

Odabir svinja temeljen na umjetnoj inteligenciji uključuje korištenje podataka i algoritama za odabir svinja s poželjnim osobinama, kao što su visoke stope rasta, otpornost na bolesti i kvaliteta mesa. Algoritmi umjetne inteligencije, posebno modeli strojnog učenja,

mogu analizirati genetski sastav (DNK) svinja kako bi predvidjeli vjerojatnost željenih osobina (Vasquez, 2024.). To omogućuje uzgajivačima odabir svinja s najboljim genetskim potencijalom. umjetna inteligencija može obraditi velike količine genetskih podataka, identificirati obrasce u osobinama kao što su otpornost na bolesti, plodnost i učinkovitost hrane, što pomaže u poboljšanju prakse selektivnog uzgoja (Taylor i sur., 2018.).

2.2. Umjetna inteligencija u poboljšanju reproduktivnih svojstava svinja

Globalna primjena umjetne inteligencije naglasila je potrebu za visokokvalitetnim sjemenom nerasta i optimalnim zdravljem krmače i stadijem estrusa. Potencijalno potomstvo koje jedan nerast može proizvesti godišnje daleko premašuje ono od pojedinačne krmače, jer UI značajno povećava reproduktivnu učinkovitost rasplodnjaka. Ako se nerast prirodno pari s tri krmače tjedno, mogao bi proizvesti preko 2100 svinja godišnje. S UI, ovisno o tehnici (cervikalna ili postcervikalna), jedan ejakulat može proizvesti 20-60 inseminacijskih doza što predstavlja 20-struko povećanje proizvodne sposobnosti nerasta u usporedbi s prirodnim parenjem. Oplođni kapacitet nerasta stoga uvelike utječe na produktivnost, služeći kao presudan čimbenik za razvoj, konkurentnost i uspješnost uzgoja svinja. UI modeli analiziraju povijesne reproduktivne podatke (npr. broj rođenih prasadi, stope rasta potomaka) kako bi se odabrale rasplodne krmače i nerastovi s vrhunskim reproduktivnim učinkom. Također, UI može pomoći farmerima u donošenju odluka o parenju uzimajući u obzir genetsku kompatibilnost, minimizirajući inbreeding i maksimizirajući poboljšanja osobina u sljedećoj generaciji svinja. (Schulze i sur., 2023.).

Ipak, kvaliteta ejakulata nerasta varira tijekom godine zbog čimbenika životinjskog i neživotinjskog podrijetla. Među njima, dob nerasta, zdravlje, stresni status i učestalost prikupljanja sjemena značajno utječu na kvalitetu sjemena. Dodatno, dostupno je više izvora podataka koji bi mogli pomoći u odlučivanju hoće li se koristiti ejakulat za pripremu doze sjemena, ali oni se nedovoljno koriste. U komercijalnoj proizvodnji svinja i krmače i nerastovi su podložni smanjenju reproduktivne sposobnosti u nepovoljnim uvjetima okoline (Shahat i sur., 2020.).

UI sustavi mogu pratiti zdravlje i dobrobit nerastova u stvarnom vremenu, osiguravajući da se svi čimbenici, potencijalno štetni za kvalitetu sjemena, mogu odmah

detektirati. To uključuje optimalno upravljanje prehranom, okolišnim uvjetima i razinama stresa, a sve to igra značajnu ulogu u proizvodnji sjemena. Prediktivni modeli također mogu predvidjeti najbolje vrijeme za prikupljanje sjemena na temelju povijesnih podataka i trenutnih uvjeta, čime se povećava učinkovitost procesa upravljanja i provedbe umjetnog osjemenjivanja (Bernardino i sur., 2022.).

Proučavanje tzv. omika (omics) na različitim razinama (proteini, metaboliti, geni, transkripti) uključilo je značajan napredak u temeljnoj reproduktivnoj znanosti s budućim implikacijama za primjenu u stočarstvu općenito, pa tako i u svinjogojstvu (Llavanera i sur., 2022.). Stoga je potencijal za poboljšanje reproduktivne učinkovitosti korištenjem 'omics' tehnologije velik. Štoviše, integracijska analiza omics podataka (nazvana multi-omics) donijela je mogućnosti za proučavanje i tumačenje složenih bioloških procesa (Xu i sur., 2023.). Zbog brzog porasta podataka multi-omike, nedostaju odgovarajuće metode integracije. Iz tog razloga postoji kritična potreba za razvojem alata za učinkovitu integraciju ovih različitih skupova podataka. Nadilazeći to, pojavljuje se nova strategija koja kombinira strategije za analizu i integraciju multi-omike te je konstruirana multi-omična baza podataka za svinje, koja sadrži gotovo sve objavljene podatke o svinjskom genomu, transkriptomu i QTX-u (kvantitativnim svojstvima povezanim lokusima, genima i nukleotidima). Koristeći te podatke, uvježbavaju su integracijski modeli temeljen na ML strategiji (opći model konvolucijske neuronske mreže) kako bi odredili prioritet genima kandidata za specifične osobine i procijenili biološki značaj parametara modela. Ovakvi pristupi primijenjeni su za predviđanje reproduktivnih svojstava korištenjem multi-omičkih podataka kao što je gravidnost, reproduktivno zdravlje krmača i učinak laktacije (Wang i sur., 2022.).

3. PROBLEM GRIZENJA REPOVA U UZGOJU SVINJA

Grizenje repova u svinjogojskoj proizvodnji predstavlja ozbiljan izazov koji utječe na dobrobit životinja, ali i na ekonomsku isplativost svinjogojstva. Grizenje repova često se javlja u uvjetima stresa, prenapučenosti, loše kvalitete zraka, dosade i neadekvatne prehrane. Posljedice grizenja repova mogu biti različite, kao na primjer: ozlijeđene svinje mogu razviti ozbiljne infekcije koje mogu zahtijevati liječenje antibioticima, također dolazi do smanjenog prirasta i gubitaka na tržištu zbog smanjene kvalitete mesa. Poduzete su razne mjere kako bi se pokušalo spriječiti grizenje repova, poboljšani su uvjeti držanja što znači da se svinje drže u većim prostorima, obogaćuju se okoliši raznim igračkama i prilagođavaju se uvjeti okoliša. Uvođenjem pravilne prehrane s dovoljno nutrijenata također smanjuje rizik od grizenja repova te također rana intervencija, odnosno rano prepoznavanje znakova stresa i agresije može spriječiti nastanak ovog problema. Grizenje repova je vrlo složen proces, ali uz primjenu odgovarajućih preventivnih mjera može se značajno smanjiti učestalost ovog ponašanja u uzgoju svinja.

3.1. Uzrok grizenja repova

Glavni uzrok kada se radi o grizenju repova u svinjogojskoj proizvodnji su sitne lezije ili nekroze koje se javljaju na repu zbog djelovanja štetnih vanjskih čimbenika odnosno zbog lošeg načina držanja. Pod loš način držanja ubraja se prenapučenost objekata zbog čega dolazi do gaženja, ozljeda pa i stresa, zatim loša ventilacija, nedovoljno skraćeni repovi (kod farmskog uzgoja najčešće se odmah skraćuju), loša kvaliteta hrane sa nedostatkom određenih nutrijenata te mikotoksini. Na repovima i uškama nalaze se nekrozice, odnosno lezije koje svinje osjete i počnu grickati jedna drugu nakon čega dolazi do ozlijeđivanja i životinji se nanosi bol, što može dovesti čak i do kanibalizma gdje svinje mogu u potpunosti pojesti ozlijeđenu jedinku (Bracke i sur, 2019.).

Pojava lezija repa je pokazatelj koji pomaže u identifikaciji kada bi intervencije trebale biti provedene, pri čemu su različiti rizični faktori, kao što su zdravlje i klima, identificirani kao utjecaj na pojavu i ozbiljnost lezija repa. Stoga se zdravstveni status procjenjuje promatrajući položaj repa, probleme s mišićno-koštanim sustavom ili težinom (Liu i sur., 2020.).

3.2. Umjetna inteligencija u prevenciji grizenja repova

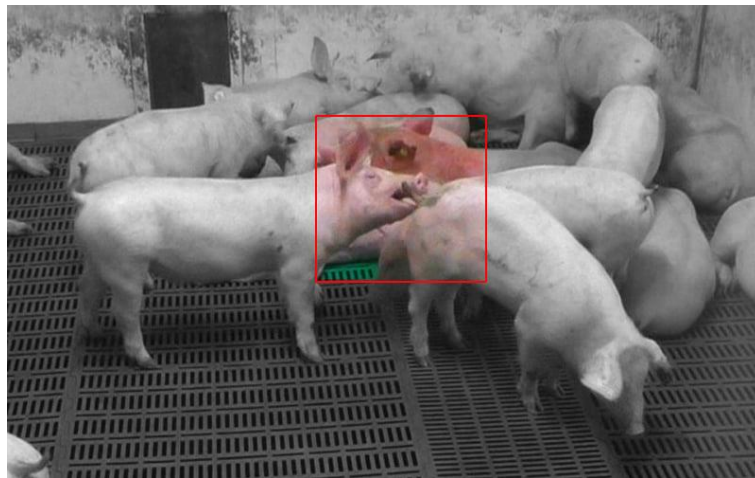
Umjetna inteligencija igra ključnu ulogu u prevenciji ovog problema na svinjogojskim farmama kroz različite inovativne metode. Umjetna inteligencija koristi kamere i senzore za nadzor ponašanja svinja u staji, može analizirati pokrete i ponašanje koje ukazuje na početak agresije ili stresa uključujući i prekomjerno kretanje i pokušavanje grickanja repova drugih svinja u boks, na taj način umjetna inteligencija bilježi i šalje upozorenje za mogućnost početka abnormalnog ponašanja u boks te se tako može rano intervenirati i pokušati spriječiti da dođe do neželjenih posljedica (Drexel i sur., 2023.).

Umjetna inteligencija također može analizirati podatke iz okoline poput temperature, vlage i kvalitete zraka i na taj način prepoznati stresore koji mogu potaknuti grizenje repova. Sustav automatski prilagođava uvjete u staji kako bi se smanjio stres, na primjer, poboljšanjem ventilacije ili prilagođavanjem temperature. AI algoritmi mogu identificirati koje svinje imaju veći rizik od grizenja repova na temelju njihovog ponašanja, genetskih predispozicija i socijalnih interakcija u grupi. Time se omogućuje ciljano djelovanje, kao što je izdvajanje agresivnih jedinki ili promjena uvjeta za određene svinje. AI također može upravljati automatiziranim sustavom hranjenja i distribucije igračaka kako bi se svinje zabavile i na taj način se smanjila agresija, kada osjeti da bi svinje mogle postati agresivne AI može automatski osigurati dodatne igračke ili prilagoditi način hranjenja kako bi svinje bile smirenije (Liu i sur., 2020.).

Osim toga umjetna inteligencija je napravljena tako da može i analizirati zvukove i vokalizacije koje svinje proizvode, poput glasnog cviljenja ili drugih neobičnih zvukova koji mogu biti znak agresije ili boli i tako može rano otkriti problem i osigurati brzu reakciju. Implementacija umjetne tehnologije za prevenciju grizenja repova smanjuje potrebu za rutinskim rezanjem repova i poboljšava dobrobit životinja. To uvelike doprinosi u proizvodnji smanjujući ekonomske gubitke zbog ozljeda i infekcija.

Sustavi umjetne inteligencije postaju moćan alat za smanjenje grizenja repa kod svinja nudeći praćenje u stvarnom vremenu, rano otkrivanje i rješenja temeljena na podacima za upravljanje čimbenicima okoliša i ponašanja. Integriranjem umjetne inteligencije u operacije uzgoja, farmeri mogu poboljšati dobrobit svojih svinja, smanjiti ekonomske gubitke zbog ozljeda i poboljšati ukupnu učinkovitost farme. Rano otkrivanje i prevencija grizenja repa osigurava bolje zdravlje i dobrobit svinja, smanjujući patnju i ozljede.

Minimiziranjem grizenja repa, farme mogu smanjiti broj ozlijeđenih svinja i povezane veterinarske troškove, poboljšavajući ukupnu produktivnost. Umjetna inteligencija automatizira velik dio nadzora i donošenja odluka, dopuštajući poljoprivrednicima da se usredotoče na druge zadatke, a istovremeno osigurava da su incidenti s grizanjem repa svedeni na minimum. UI pruža korisne uvide koji pomažu farmerima u donošenju informiranih odluka u vezi s upravljanjem svinjama i poboljšanjima dobrobiti (Chen i sur., 2020.).



Slika 3. Automatski detektor grizenja repa kod svinja

Izvor: <https://www.dilepix.com/en/performances-elevages/porcs/caudophagie>

4. ROBOTSKI UREĐAJI NA FARMI SVINJA

Robotski uređaji na farmi svinja postali su vrlo važni za automatizaciju različitih poslova tj. zadataka, uvođenjem automatiziranih sustava smanjila se potreba za ljudskim radom i ljudskom kontrolom te je čovjeku olakšalo na način da sustavi vođeni umjetnom inteligencijom odmah signaliziraju promjene u boksovima, bilo to početak agresivnog ponašanja, nedostatak hrane ili vode pa čak i promjena temperature. Nekoliko ključnih robotskih sustava koji se koriste u svinjogojskoj proizvodnji su: roboti za hranjenje, čišćenje staja, sustav za nadzor životinja, roboti za transport, roboti za ventilaciju i kontrolu, roboti za interakciju s životinjama te za označavanje i identifikaciju. Primjena robotskih uređaja u sustavu proizvodnje na svinjogojskim farmama rezultira smanjenjem troškova rada, preciznošću u svakodnevnim obavezama te povećanom dobrobiti životinja.

4.1. Roboti za hranjenje

Automatizirani sustavi za hranjenje koriste robote koji distribuiraju hranu svinjama u preciznim količinama i prema potrebi svake jedinice. Ovi roboti mogu raditi na osnovi podataka o težini, dobi i zdravstvenom stanju svinja, optimizirajući unos hrane i smanjujući otpad. Koriste tehnologije poput senzora, umjetne inteligencije i podataka u stvarnom vremenu kako bi pružili precizno hranjenje za svaku svinju ili grupu svinja. Roboti za hranjenje mogu biti unaprijed programirani da svinje hrane u određenim intervalima tijekom dana, čime se osigurava dosljedan raspored hranjenja bez potrebe za ljudskim nadzorom. Programi mogu biti prilagođeni individualnim potrebama svake grupe svinja. Neki napredniji sustavi omogućuju svinjama da same traže hranu kada su gladne pomoću senzora čime se izbjegava preveliki stres i gladovanje. Ovi sustavi mogu mijenjati vrstu hrane koja se distribuira, ovisno o fazi rasta ili specifičnim potrebama svinja uključujući i različite mješavine hrane bogate hranjivim tvarima ili lijekovima. Prednosti robota za hranjenje su: smanjenje troškova rada, bolje iskorištenje hrane i smanjenje otpada, brži prirast, praćenje i analitika, smanjenje stresa te održivija proizvodnja.

Zanimljivo: Jedna brazilska tvrtka osmislila je robota koji raspoređuje hranu svinjama prema uputama koje mu zadaje stočar, a dok im stroj dijeli obroke, pušta im i klasičnu glazbu koja

opušta životinju i smanjuje pojavu stresa. Robot smanjuje prisutnost ljudi na farmi i skuplja podatke koji pomažu poboljšati cjelokupno upravljanje stadom.



Slika 4. Robot za hranjenje svinja

Izvor: <https://www.agroklub.com/stocarstvo/robot-hrani-svinje-i-pusta-im-glazbu-hit-medu-brazilskim-stocarima/65033/>

4.2. Roboti za održavanje higijene u svinjogojskoj proizvodnji

Robot za čišćenje staja u svinjogojskoj proizvodnji je automatizirani sustav dizajniran za održavanje čistoće u svinjskim stajama, smanjujući potrebu za ljudskim radom i poboljšavajući higijenske uvjete. Ovi roboti igraju ključnu ulogu u održavanju zdravlja svinja i smanjenju rizika od bolesti, a također poboljšavaju uvjete za radnike na farmama.

Robot za čišćenje je opremljen sustavima za sakupljanje i uklanjanje izmeta, ostataka hrane i stelje pri čemu koristi senzore kako bi lakše identificirao prostor u staji kojemu je potrebno čišćenje. Kod nekih robota može se pronaći funkcija pranja poda i zidova te automatske dezinfekcije što smanjuje širenje virusa i raznih bakterija i tako pomaže da se ne šire i prvobitno ne pojave bolesti unutar staje kojima su svinje podložne. Uz pomoć kamera i senzora te GPS sustava on se može samostalno kretati kroz staju te između boksova

izbjegavajući prepreke i svinje. Osim toga oni se mogu programirati da čiste u određenim vremenskim intervalima bilo po noći ili po danu čime se sprječava nakupljanje otpada.



Slika 5. Robot za čišćenje podova staje

Izvor: Lely Center Osijek (2020.)



Slika 6. Robot za pranje boksova

Izvor: acofunki.com (2020.)

4.3. Robotski sustav za transport u svinjogojskoj proizvodnji

Roboti za transport u svinjogojskoj proizvodnji igraju važnu ulogu u automatizaciji logističkih zadataka na farmi, olakšavajući transport hrane, stelje, gnoja pa čak i samih životinja. Ovakvi pomagači na farmama poboljšavaju efikasnost rada i smanjuju fizičko opterećenje radnika. Razlikujemo nekoliko vrsta robotskih transporterata, odnosno robota za transport hrane, robota za transport stelje, odvoz gnoja te transport svinja i automatizirano skladištenje i dostavu. Roboti za transport hrane automatski dovoze hranu iz skladišta do mjesta hranjenja, mogu biti programirani da hrane životinje u određenim vremenskim intervalima, po danu ili noći. Roboti koji služe za transport gnoja, isti skupljaju pa tek onda odvoze i na taj način doprinose u održavanju higijene prostora gdje borave životinje i smanjenju mogućnosti od pojave bolesti i infekcija. Na nekim većim i naprednijim farmama koriste se sustavi za transport svinja između različitih dijelova farme, kao na primjer prebacivanje iz uzgojnih odjela u klaonički odjel ili iz jedne staje u drugu staju. Ovakvi roboti koriste meke hvataljke i pažljivo su dizajnirani kako bi osigurali siguran i human transport životinja i kako nebi dolazilo do ozljeda. Osim toga postoje roboti koji mogu automatski skladištiti proizvode kao što su hrana i lijekovi i osigurati njihovu dostavu kada su potrebni. Ovakvi sustavi optimiziraju upravljanje inventarom i smanjuju greške u dostavi. Prednosti korištenja transportnih robota su prije svega u smanjenju fizički teškog opterećenja kod radnika te smanjenje rizika od ozljeda na mjestu rada, samim time su efikasniji jer brže i preciznije mogu obaviti takve zadatke pri tome pazeći na količine prenesene robe pri tome prikupljajući podatke kako bi se moglo poboljšati planiranje proizvodnje. Osim toga roboti se ne umaraju pa poslove mogu obavljati brže i bez pauze.



Slika 7. Robotski uređaji za transport i distribuciju slame

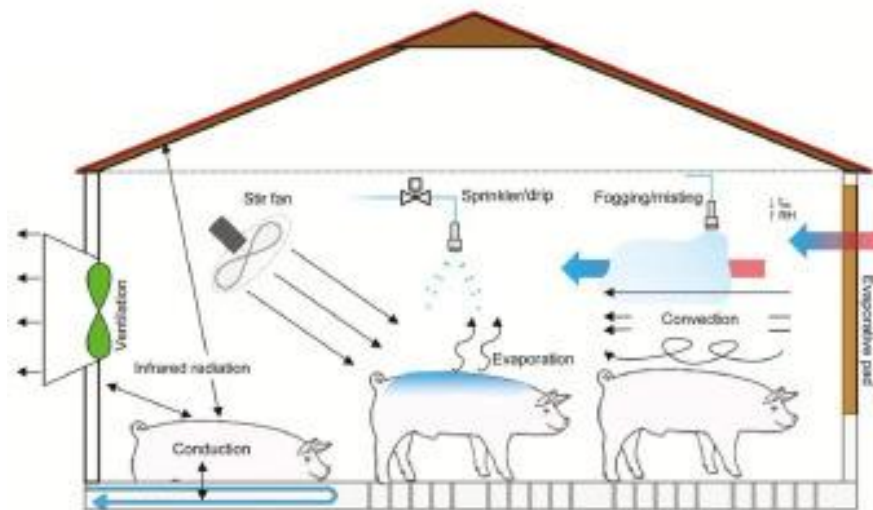
Izvor: <https://www.pig-world.co.uk/features/the-rise-of-the-robots-well-almost.html>

4.4. Robotski sustav za ventilaciju i kontrolu okoline

Robotski sustavi vođeni umjetnom inteligencijom za kontrolu ventilacije i okoline na svinjogojskim farmama ključni su za održavanje optimalnih uvjeta za zdravlje i rast svinja. Ovi sustavi koriste napredne tehnologije za kontrolu važnih parametara u uzgoju svinja poput temperature, vlažnosti, kvalitete zraka i razine štetnih plinova. Upotreba ovakvih automatiziranih sustava osigurava zdrav način držanja svinja umanjujući stres. Roboti za ventilaciju prate kvalitetu zraka u stajama i automatski upravljaju ventilacijskim sustavima kako bi održali optimalne uvjete. Oni su programirani tako da otvaraju ili zatvaraju prozore, ventilacijske otvore ili kontroliraju protok zraka kroz ventilatore ovisno o navedenim parametrima i koncentracijama plinova poput amonijaka i ugljičnog dioksida koji se nakupljaju a mogu biti vrlo opasni u visokim koncentracijama pa kada sustav detektira

koncentraciju plinova koja je viša nego dopušteno on automatski povećava ventilaciju ili aktivira sustav za pročišćavanje zraka. Sustavi koji se bave kontrolom temperature također pomoću senzora automatski prilagođavaju rad grijača ili klima uređaja kako bi održali idealnu temperaturu potrebnu za pravilan uzgoj svinja, ovaj parametar je vrlo važan jer ekstremno visoke temperature mogu negativno utjecati na držanje svinja. Sustavi na farmama mogu automatski prilagoditi ventilaciju i kontrolu temperature u skladu sa promjenama vanjskih vremenskih uvjeta (Blasquez i sur., 2021.).

Automatizirani sustavi za ventilaciju i kontrolu unutarnjih važnih parametara optimiziraju potrošnju energije tako što se pale samo kada je to potrebno odnosno kada senzori detektiraju neki problem. Također, ovi sustavi doprinose smanjenju neugodnih mirisa koji mogu utjecati na okolne zajednice, uvođenjem ovakvih sustava na svinjogojske farme poboljšava se dobrobit životinja i održivost proizvodnje, čineći farmu učinkovitijom i ekološki prihvatljivom (Zhiru i sur., 2023.).



Slika 8. Sustav hlađena farma svinja

Izvor: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670722006771>

5. USTAV ZA OZNAČAVANJE I IDENTIFIKACIJU

Sustav za označavanje i identifikaciju na svinjogojskoj farmi ključni su za praćenje pojedinačnih svinja, upravljanje podacima o njihovom zdravlju, rastu i genetici te osiguravanje učinkovitosti i točnosti u poslovanju. Najčešći načini označavanja svinja su tetoviranje i ušne markice, a u zadnje vrijeme se sve češće koriste RFID (Radio Frequency Identification) tehnologija gdje se mikročipovi ugrađuju u svinje radi lakšeg praćenja. Svaka svinja mora biti evidentirana u nacionalnom ili regionalnom registru životinja. Ovi registri omogućavaju praćenje kretanja svinja između farmi, klaonica i drugih objekata, čime se osigurava sljedivost. Također, svinje se prijavljuju odmah pri rođenju i vodi se evidencija o datumu klanja što je važno zbog kontrole zdravstvenih i sanitarnih standarda. Svaka pošiljka svinja koja se prevozi s farme na farmu, u klaonicu ili inozemstvo mora biti popraćeno odgovarajućim dokumentima o zdravlju, porijeklu i vlasništvu, a zahvaljujući modernim sustavima koji omogućuju praćenje svake svinje od farme do stola, povećana je transparentnost i sigurnost potrošača. Prednosti označavanju su u tome da omogućuje brzu reakciju u slučaju izbijanja bolesti, jer se lako može pratiti porijeklo svinja, potrošači mogu imati povjerenja u porijeklo i kvalitetu mesa koje kupuju, proizvođači mogu lakše pratiti i optimizirati proizvodne procese što doprinosi poboljšanju općih uvjeta na farmama i u mesnoj industriji.

Sustav označavanja i identifikaciju ključan je za modernu svinjogojsku proizvodnju jer osigurava sigurno, kontrolirano i kvalitetno meso za potrošače.

5.1. RFID sustav označavanja svinja

RFID (Radio Frequency Identification) tehnologija sve se više koristi u uzgoju svinja za potrebe identifikacije i upravljanja. RFID oznake omogućuju farmerima učinkovito praćenje pojedinačnih svinja tijekom njihovog životnog ciklusa, olakšavajući bolje upravljanje stadom, praćenje zdravlja i donošenje odluka na temelju podataka. RFID tehnologija nudi značajne prednosti za identifikaciju svinja i upravljanje stadom, poboljšavajući učinkovitost, sljedivost i dobrobit životinja. Integracijom RFID-a sa

sustavima upravljanja farmom, farmeri mogu u stvarnom vremenu dobiti uvid u zdravlje, ponašanje i produktivnost pojedinačnih svinja, što dovodi do boljeg donošenja odluka i optimiziranog rada farme.

RFID oznake, bilo ušne markice ili injekcijski transponderi, pričvršćene su na svaku svinju. Ove oznake sadrže jedinstvene identifikacijske brojeve koje mogu čitati RFID čitači. RFID čitači šalju radio signal koji napaja oznaku i dohvaća jedinstveni ID povezan sa svinjom. Čitači mogu biti ručni uređaji ili fiksne jedinice smještene na ključnim mjestima kao što su stanice za hranjenje, korita za vodu ili ulazne točke.

Nakon što RFID čitač uhvati ID svinje, informacije se bilježe u bazu podataka. Ovi se podaci mogu integrirati sa softverom za upravljanje farmom kako bi se pratile pojedinačne svinje i pratilo njihovo zdravlje, rast, obrasci hranjenja i kretanje. RFID tehnologija koristi se za automatsku identifikaciju i praćenje svih svinja na farmi. Ove oznake se obično postavljaju na uši svinja ili se implantiraju ispod kože i sadrže mikroprocesor koji pokrahnjuje jedinstveni broj svinje. Postoje pasivne oznake koje koriste energiju iz RFID čitača i aktivne oznake koje mogu komunicirati na većim udaljenostima. Čitači emitiraju radio signale koji aktiviraju RFID oznake i prikupljaju podatke pohranjene na njima. Ovi čitači mogu biti ručni ili stacionirani, postavljeni na prolazima gdje se svinje kreću. Podatci prikupljeni RFID čitačem šalju se u centralni sustav gdje se pohranjuju i analiziraju. Tako se osigurava praćenje svake svinje kroz cijeli životni ciklus. U slučaju pojave bolesti omogućava brzo identificiranje zahvaćenih životinja i njihovih kontakata i ubrzava sprječavanje širenja bolesti, a automatsko prikupljanje podataka smanjuje potrebu za ručnim unosom i omogućuje precizno upravljanje hranjenjem, cijepljenjem i drugim proizvodnim procesima (Mol i sur., 2019.).

RFID oznake svakoj svinji daju jedinstveni identifikator, što omogućuje farmerima praćenje pojedinačnih životinja. Ovo je bitno za programe uzgoja, upravljanje zdravljem i osiguravanje da svinje dobiju pravu hranu i njegu. Umjesto ručnog identificiranja svinja, RFID čitači automatski prikupljaju podatke dok se svinje kreću kroz različita područja (npr. hranilišta). To čini prikupljanje podataka bržim i preciznijim.

U mnogim zemljama uporaba RFID sustava za označavanje svinja postaje zakonska obaveza, posebno u smislu sljedivosti i kontrole zdravlja životinja, kako bi se osigurala sigurnost hrane i sprječavanje bolesti, dok u Europskoj Uniji postoje propisi koji zahtijevaju označavanje životinja, uključujući svinje, radi olakšavanja sljedivosti i kontrole. RFID

oznake omogućuju farmerima praćenje zdravlja svinja povezivanjem podataka oznake sa zdravstvenim zapisima. Ako se ustanovi da je svinja bolesna, može se pratiti njezino kretanje i interakcija s drugim svinjama, što pomaže u kontroli izbijanja bolesti. Sustavi temeljeni na RFID-u mogu pohraniti podatke o cijepljenju, liječenju i medicinskim intervencijama. To omogućuje farmerima da osiguraju da svinje dobiju odgovarajuću njegu i održavaju ažurnu zdravstvenu evidenciju (Benhazi i Black, 2009.).

Praćenjem pojedinačnih svinja na hranilištima, RFID sustavi mogu kontrolirati količinu i vrstu hrane koja se daje svakoj svinji. Ovo je posebno korisno u preciznom uzgoju, gdje je hrana prilagođena dobi, težini i potrebama rasta svinja. RFID može pratiti koliko hrane svaka svinja konzumira, omogućujući farmerima da optimiziraju rasporede hranjenja i poboljšaju stope konverzije hrane (tj. količinu hrane koja je potrebna za postizanje određenog prirasta težine kod svinje).



Slika 9. RFID oznaka i čitač

Izvor: <https://rainrfid.org/food-company-pilots-uhf-rfid-to-enhance-pig-life-history/>

RFID oznake povezane su s podacima o ciklusima uzgoja, omogućujući farmerima praćenje reproduktivnih performansi krmača, ciklusa estrusa i datuma prašenja. Ovo poboljšava upravljanje uzgojem osiguravajući pravovremeno osjemenjivanje i praćenje

trudnoće. Također, RFID olakšava praćenje loze svinja u programima uzgoja, što pomaže u osiguravanju genetske raznolikosti i izbjegavanju parenja u srodstvu.

RFID sustavi mogu se integrirati s automatskim vagama koje važu svinje dok se kreću kroz određena područja. To omogućuje farmerima da prate stope rasta svinja bez ručnog vaganja, smanjujući stres na životinjama i troškove rada. Korištenjem RFID oznaka za praćenje težine, svinje se mogu automatski sortirati na temelju njihove spremnosti za tržište. To omogućuje učinkovitiju obradu i otpremu u klaonice ili na tržišta. RFID sustavi prate kretanje svinja unutar staje ili farme, pomažući farmerima da prepoznaju obrasce ponašanja koji mogu ukazivati na stres, bolest ili griženje repa. Ako se svinja ne kreće normalno, to može signalizirati zdravstveni problem koji zahtijeva pozornost. RFID podaci mogu se koristiti u istraživačke svrhe, omogućujući istraživačima proučavanje društvenih interakcija svinja, ponašanja pri hranjenju i drugih aktivnosti na neinvazivan način (Maselyne i sur., 2016.).

RFID oznake omogućuju farmerima da vode točnu evidenciju kretanja svinja kroz različite dijelove farme. Ovo je ključno za sprječavanje širenja bolesti ograničavanjem kretanja zaraženih životinja. U slučaju izbijanja bolesti ili problema sa sigurnošću hrane, RFID omogućuje potpunu sljedivost. Cijeli životni ciklus svinja, uključujući mjesto na kojem su rođene, uzgojene i zaklane, može se pratiti putem njihovih RFID oznaka, osiguravajući usklađenost sa standardima sigurnosti hrane.

Prednosti RFID-a u uzgoju svinja očituju se kroz učinkovitost rada jer RFID automatizira mnoge zadatke, poput identifikacije, hranjenja i vaganja, smanjujući potrebu za ručnim radom i minimizirajući ljudsku pogrešku. Također, RFID pruža točne podatke u stvarnom vremenu o svakoj svinji, što je ključno za donošenje informiranih odluka o zdravlju, hranidbi i upravljanju uzgojem. Poboljšana je dobrobit životinja jer automatizirani sustavi nadzora smanjuju potrebu za stresnim ručnim rukovanjem svinjama, poboljšavajući dobrobit životinja i smanjujući rizik od ozljeda. Isto tako, značajna je i ušteda troškova jer optimiziranjem upravljanja hranom i poboljšanjem zdravlja stada kroz točan nadzor, RFID pomaže smanjiti troškove povezane s rasipanjem hrane, veterinarskom skrbi i radom.

6. PREVENCIJA BOLESTI UZ POMOĆ UMJETNE INTELIGENCIJE

Umjetna inteligencija (UI) ima značajan potencijal u prevenciji bolesti svinja, pomažući farmerima u otkrivanju, predviđanju i upravljanju bolestima na učinkovitiji i pravovremeniji način. Prevencija bolesti vođena umjetnom inteligencijom kombinira podatke iz različitih izvora poput senzora, okolišnih uvjeta, zdravstvenih zapisa i obrazaca ponašanja kako bi se ponudilo rano otkrivanje, pa čak i predviđanje budućih izbivanja bolesti. To dovodi do poboljšane dobrobiti životinja, smanjenih gubitaka i poboljšanih biosigurnosnih mjera na farmama. UI nudi moćne alate za prevenciju bolesti u uzgoju svinja, od ranog otkrivanja i prediktivne analitike do automatiziranih karantenskih sustava i genetske selekcije za otpornost na bolesti. Integracijom sustava praćenja i upravljanja vođenih umjetnom inteligencijom, farmeri mogu poboljšati zdravlje stada, smanjiti gubitke i stvoriti održivije i učinkovitije operacije.

UI sustavi mogu analizirati podatke sa senzora koji prate vitalne znakove svinja, uključujući temperaturu, otkucaje srca i brzinu disanja. Nosivi senzori ili pametne ogrlice mogu kontinuirano pratiti te parametre. UI može otkriti rane znakove bolesti identificiranjem abnormalnih obrazaca u fiziološkim podacima svinja. Na primjer, porast tjelesne temperature ili smanjena aktivnost mogu ukazivati na groznicu ili infekciju, što omogućuje ranu intervenciju. Sustavi računalnog vida pokretani umjetnom inteligencijom, koji koriste kamere instalirane u stajama, mogu analizirati ponašanje svinja kako bi otkrili znakove bolesti. To uključuje promjene u kretanju, ponašanju pri hranjenju ili društvenoj interakciji. Algoritmi umjetne inteligencije mogu identificirati svinje koje su letargične, izolirane ili se ne hrane kako se očekuje, a sve to mogu biti rani znakovi bolesti. Na primjer, svinja koja ne posjećuje hranilicu tako redovito može ukazivati na bolest (Kavлак i sur., 2023.).

UI može analizirati povijesne podatke o farmi, uključujući izbivanja bolesti, uvjete okoliša i zdravstvene podatke svinja, kako bi predvidio vjerojatnost budućih izbivanja bolesti. Modeli strojnog učenja uče iz tih obrazaca podataka i predviđaju rizik od bolesti poput respiratornih infekcija, svinjske gripe ili slinavke i šapa. Također, UI sustavi mogu pratiti čimbenike okoliša kao što su temperatura, vlažnost i ventilacija, za koje je poznato da utječu na prijenos bolesti. Na primjer, loša kvaliteta zraka ili ekstremne temperature mogu povećati vjerojatnost respiratornih bolesti. UI može predvidjeti kada će se ti uvjeti vjerojatno

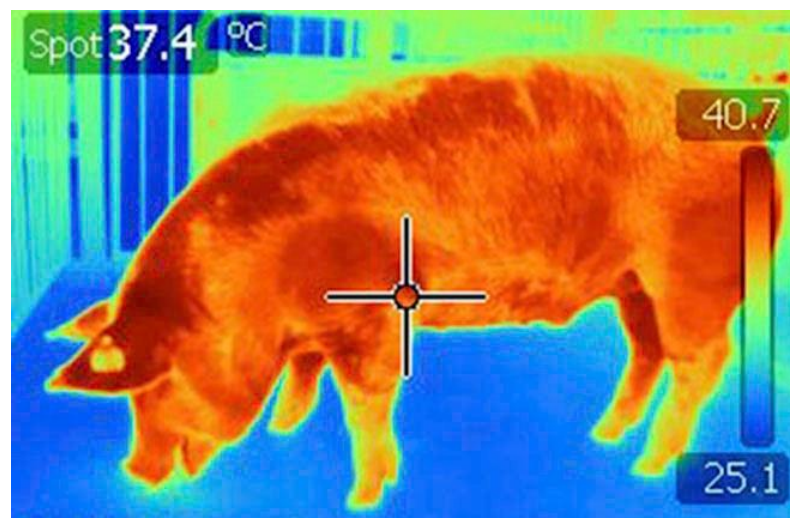
pogoršati i predložiti preventivne radnje poput poboljšanja ventilacije ili podešavanja kontrole temperature (Brown-Brandl i sur., 2013.).

UI sustav pomoću kamera i senzora prate ponašanje svinja, poput njihovih obrazaca hranjenja, kretanja, spavanja i interakcije s drugim životinjama što je ključno u prepoznavanju ponašanja koje ukazuje na pojavu simptoma bolesti, na primjer ako svinja počne manje jesti ili se manje kretati AI sustav će odmah prepoznati promjene u ponašanju i automatski će obavijestiti farmere o mogućim zdravstvenim problemima. Uz pomoć termalnih kamera i drugih senzora, AI može kontinuirano pratiti tjelesnu temperaturu i druge vitalne znakove svinja, poput disanja i otkucaja srca, porast temperature može ukazivati na infekciju ili upalu, a sustav može odmah alarmirati farmu da poduzme potrebne korake. AI sustavi koji koriste strojno učenje analiziraju povijesne podatke o zdravlju i ponašanju svinja, na temelju tih podataka mogu predvidjeti mogućnost pojave određenih bolesti, omogućujući farmama da poduzmu preventivne mjere prije nego bolest eskalira. Kada AI sustav detektira potencijalnu boles, može automatski poslati preporuke za liječenje ili čak inicirati automatsko doziranje lijekova ili dodataka hrani. Ovo je posebno korisno za brzo i točno doziranje antibiotika ili cjepiva, smanjujući mogućnost grešaka i prekomjerne uporabe lijekova. AI sustavi mogu analizirati velike količine podataka prikupljene s različitih farmi kako bi se identificirali uzroci širenja bolesti. Ova analiza može pomoći u predviđanju izbijanja bolesti na temelju povijesnih podataka, vremenskih uvjeta i drugih faktora (Mathews i sur., 2017.).

UI može analizirati medicinske podatke i zdravstvene zapise kako bi pomogao veterinarima u dijagnosticiranju bolesti kod svinja. Ovi sustavi mogu procijeniti simptome, krvne pretrage i druge zdravstvene podatke za dijagnosticiranje uobičajenih bolesti svinja kao što su reproduktivni i respiratorni sindrom svinja (PRRS), svinjska gripa ili afrička svinjska kuga. Alati za podršku odlučivanju temeljeni na umjetnoj inteligenciji daju poljoprivrednicima preporuke u stvarnom vremenu za upravljanje rizicima od bolesti, uključujući predložene tretmane, cijepljenja ili karantene. UI može prepoznati obrasce u zdravstvenim podacima svinja koji možda neće biti odmah očigledni ljudskim promatračima. Na primjer, umjetna inteligencija može otkriti trendove u učestalosti kašljanja, kihanja ili otežanog disanja među svinjama, što može ukazivati na širenje respiratorne bolesti unutar stada.

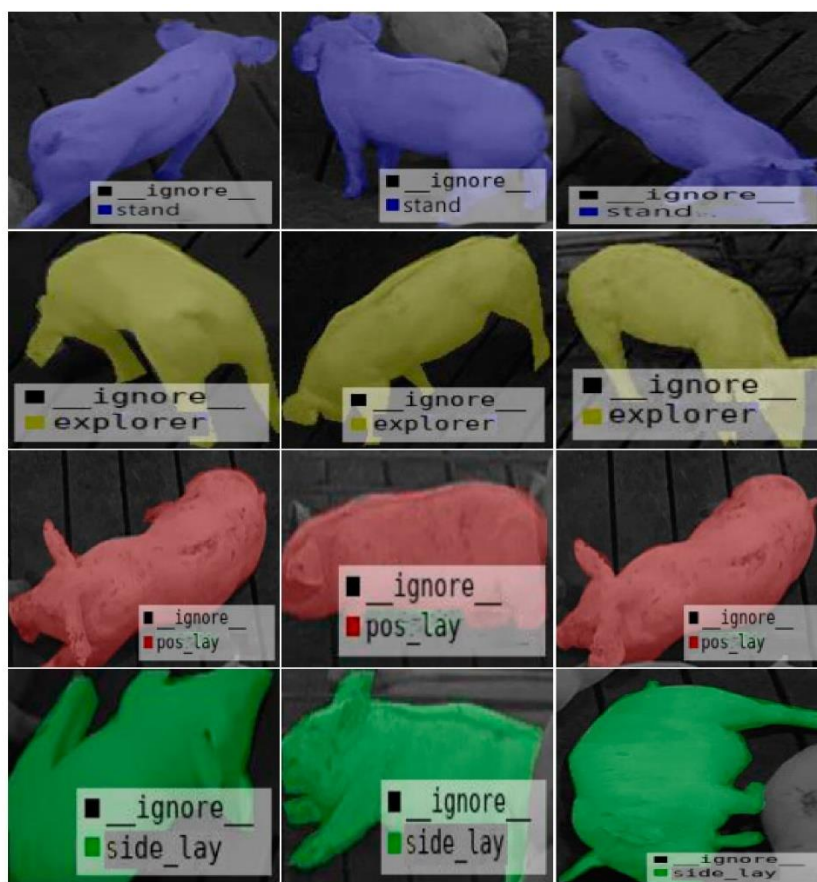
Sustavi pokretani umjetnom inteligencijom mogu pratiti kretanje svinja unutar farme i identificirati potencijalne prijenosnike bolesti. To može uključivati praćenje međusobne interakcije svinja, izvora vode i hranilišta. Ako svinja pokazuje znakove bolesti, umjetna inteligencija može pratiti s kojim je svinjama bila u interakciji, pomažući poljoprivrednicima da brzo identificiraju i izoliraju rizične životinje kako bi spriječili širenje bolesti. UI također može nadzirati kretanje osoblja i opreme na farmi, osiguravajući da se poštuju protokoli o biosigurnosti. Time se smanjuje rizik da ljudi nenamjerno šire bolest između različitih područja farme.

Umjetna inteligencija može pomoći u stvaranju individualiziranih rasporeda cijepljenja na temelju povijesti zdravlja svinje, genetske strukture i čimbenika rizika. Time se smanjuje potreba za masovnim lijekovima i osigurava da samo rizične svinje dobiju preventivnu njegu, poput cjepiva ili antibiotika. Sustavi hranjenja integrirani s umjetnom inteligencijom mogu nadzirati obrasce prehrane pojedinačnih svinja, prilagođavajući hranu u skladu sa zdravstvenim problemima ili osiguravajući da se dodaci hrani poput probiotika ili dodataka za jačanje imuniteta daju svinjama kojima prijete bolesti.



Slika 10. Termalna kamera

Izvor: <https://www.nationalhogfarmer.com/hog-welfare/high-tech-camera-helps-safeguard-sows-and-piglets>



Slika 11. Analiziranje položaja svinja

Izvor: MDPI (2021.)

UI sustavi mogu modelirati kako se bolesti mogu širiti kroz populaciju svinja na temelju čimbenika kao što su veličina stada, obrasci kretanja životinja i uvjeti okoliša. Ovi modeli mogu predvidjeti koliko bi se brzo mogla proširiti bolest poput afričke svinjske kuge (ASF) ili PRRS-a, omogućujući poljoprivrednicima da poduzmu preventivne radnje poput izolacije svinja ili prilagodbe rasporeda štala. Sustavi umjetne inteligencije također mogu integrirati geoprostorne podatke, analizirajući kako bi regionalne epidemije bolesti mogle utjecati na farmu. Procjenom blizine zahvaćenih područja i praćenjem kretanja životinja između farmi, umjetna inteligencija može pomoći u predviđanju vjerojatnosti ulaska bolesti na farmu i preporučiti mjere karantene ako je potrebno (Šandey i sur., 2021.).

Zaključno, prednosti umjetne inteligencije u prevenciji bolesti kod svinja su rano otkrivanje, jer UI identificira potencijalne zdravstvene probleme prije nego što postanu rašireni, omogućujući ranu intervenciju i smanjujući ozbiljnost izbijanja bolesti. Zatim, smanjena upotreba antibiotika. Precizna poljoprivreda vođena umjetnom inteligencijom pomaže u smanjenju prekomjerne upotrebe antibiotika usmjeravanjem liječenja samo na

svinje kojima je to uistinu potrebno, rješavajući zabrinutost javnosti o otpornosti na antibiotike. Sprječavanjem izbijanja bolesti, sustavi umjetne inteligencije smanjuju veterinarske troškove, stope smrtnosti i gubitke produktivnosti, što dovodi do profitabilnijeg poslovanja. Umjetna inteligencija pomaže u provedbi protokola o biosigurnosti i sprječava unošenje i širenje bolesti, štiteći i farmu i širu zajednicu. Također. Povećana je produktivnost jer zdravije svinje dovode do boljih stopa rasta, manjeg mortaliteta i poboljšane kvalitete mesa, čime se povećava ukupna produktivnost farme.

7. UMJETNA INTELIGENCIJA U PROIZVODNJI SVINJSKOG MESA

Proizvodnja svinjskog mesa uz pomoć umjetne inteligencije donosi značajne promjene i unapređenja u svakom dijelu lanca proizvodnje, od uzgoja svinja do procesa klaonice i distribucije mesa. Korištenjem UI tehnologije moguće je poboljšati učinkovitost, smanjiti troškove i unaprijediti kavalitetu proizvoda, istovremeno osiguravajući sigurnost hrane i održivost. Iskorištavanjem sposobnosti umjetne inteligencije u nadzoru, automatizaciji i analizi podataka, farmeri i proizvođači mesa mogu poboljšati produktivnost, kvalitetu mesa i održivost, ispunjavajući zahtjeve potrošača i industrijske standarde.

UI pomaže farmerima identificirati svinje s poželjnim osobinama, kao što su brže stope rasta, veća kvaliteta mesa ili otpornost na bolesti, kroz analizu genetskih podataka. Algoritmi strojnog učenja analiziraju ogromne količine genomskih informacija kako bi predvidjeli koje će svinje proizvesti najbolje potomke za proizvodnju mesa. Odabirom svinja na temelju genetskih podataka, umjetna inteligencija može pomoći poljoprivrednicima da poboljšaju prinos i kvalitetu mesa tijekom vremena. Na primjer, odabir svinja s genima koji dovode do nemasnijeg mesa ili bolje učinkovitosti hrane može rezultirati većom produktivnošću. Umjetna inteligencija pomaže u optimiziranju rasporeda uzgoja i spajanju svinja za parenje na temelju genetske kompatibilnosti i ciljeva proizvodnje mesa. To dovodi do produktivnijih stada s fokusom na poboljšanje prinosa i kvalitete mesa (Mateti i sur., 2022.).

UI sustavi prate zdravlje svinja u stvarnom vremenu putem senzora i kamera, rano otkrivajući znakove bolesti ili nevolje. To pomaže u sprječavanju izbijanja bolesti koje mogu utjecati na kvalitetu mesa i učinkovitost proizvodnje. Stres kod svinja može negativno utjecati na kvalitetu mesa (npr. dovesti do blijedog, mekanog, eksudativnog (BMV) mesa). Sustavi nadzora vođeni umjetnom inteligencijom pomažu osigurati držanje svinja u okruženjima s niskim stresom praćenjem čimbenika kao što su gužva, temperatura i ponašanje. Sustavi umjetne inteligencije analiziraju podatke iz pametnih hranidbi kako bi osigurali da svaka svinja dobije pravu količinu i vrstu hrane na temelju faze rasta i zdravstvenog stanja. To poboljšava učinkovitost hrane, što dovodi do zdravijih svinja i bolje kvalitete mesa.

Umjetna inteligencija može pratiti koliko učinkovito svinje pretvaraju hranu u tjelesnu masu, optimizirajući obroke za bolji dobitak na težini bez prekomjernog nakupljanja masti, što osigurava kvalitetniju proizvodnju mesa.

Kao što je već gore navedeno, UI koristi senzore i razne napredne tehnologije kako bi se bilježila potrošnja hrane, težina i razvoj svake svinje koja je predviđena za korištenje u prehrambene svrhe i na taj način se pazi na kvalitetu mesa. UI se koristi i u procesu klaonice, gdje robotski sustavi podržani UI-om mogu izvoditi precizne operacije klanja i obrade mesa. To smanjuje ljudske pogreške i povećava učinkovitost dok se postiže dosljednija kvaliteta mesa. Korištenjem računalnog vida, skeniraju meso i procjenjuje karakteristike poput boje, teksture, debljine masnoće i drugih parametara važnih za određivanje kvalitete, na taj način može prepoznati i promjene na mesu koje bi mogle ukazivati na probleme s kvalitetom ili svježinom.

UI sustavi mogu procijeniti različite parametre, uključujući sadržaj masnoće, boju, mramoriranost i mekoću, kako bi predvidjeli kvalitetu mesa prije nego što stigne do potrošača. Time se osigurava isporuka na tržište samo visokokvalitetnih proizvoda od svinjskog mesa. Analitika vođena umjetnom inteligencijom također može pomoći proizvođačima mesa da prilagode svoje proizvode kako bi zadovoljili preferencije potrošača. Analizirajući tržišne trendove, umjetna inteligencija može predvidjeti koje su vrste svinjskih dijelova ili kvalitete (npr. nemasno naspram masnoće) tražene, što proizvođačima omogućuje da prilagode svoje operacije u skladu s tim. UI sustavi mogu optimizirati čimbenike kao što su sastav hrane, vrijeme klanja i procesi starenja mesa kako bi se poboljšala mekoća svinjskog mesa, okus i ukupna kvaliteta (Sharma i sur., 2021.).

Sustavi koji pokreću UI koriste kamere i senzore za automatsko praćenje rasta i težine svinja tijekom vremena. Ovi sustavi mogu procijeniti težinu svinja analizom njihove veličine i oblika bez potrebe za njihovim ručnim vaganjem. Praćenjem rasta i zdravlja svinja, sustavi umjetne inteligencije mogu predvidjeti optimalno vrijeme za klanje, osiguravajući da svinje postignu željenu težinu i stanje za najveći prinos i kvalitetu mesa. UI algoritmi mogu stvoriti individualizirane planove rasta za svinje na temelju podataka u stvarnom vremenu, kao što su unos hrane, zdravstveno stanje i uvjeti okoliša. To pomaže poljoprivrednicima da maksimiziraju stope rasta i učinkovitost proizvodnje mesa.

UI sustavi imaju značajnu ulogu u uautomatizaciji i optimizaciji klaonica. U klaonicama se sustavi umjetne inteligencije koriste za automatizaciju različitih faza obrade

mesa, uključujući sortiranje, rezanje i pakiranje. Računalni vid i robotski sustavi pomažu osigurati preciznost rezanja, smanjujući gubitak i poboljšavajući dosljednost kvalitete mesa. Sustavi umjetne inteligencije mogu procijeniti kvalitetu mesa, poput mramoriranosti, boje i teksture, koristeći tehnologiju prepoznavanja slike. To pomaže kategorizirati svinjske komade u različite stupnjeve na temelju kvalitete, poboljšavajući konzistenciju proizvoda (Goyache i sur., 2002.).

Algoritmi umjetne inteligencije pomažu optimizirati procese rezanja kako bi se osiguralo da se od svake svinje dobije maksimalna količina upotrebljivog mesa. To smanjuje otpad i povećava profitabilnost osiguravajući da se više svinja može pretvoriti u visokokvalitetne proizvode. Također, sustavi umjetne inteligencije u klaonicama mogu pratiti proizvodne podatke u stvarnom vremenu, omogućujući operaterima da prilagode procese kako bi osigurali dosljednost i optimizirali protok. To pomaže u smanjenju vremena zastoja i osigurava učinkovito korištenje resursa.

Također se može koristiti za optimizaciju lanca opskrbe svinjskim mesom, uključujući skladištenje, transport i distribuciju. Roboti vođeni umjetnom inteligencijom mogu čak i izvoditi ključne operacije u procesu klanja i obrade svinjskog mesa, poput preciznog rezanja, uklanjanja organa i podjele mesa na dijelove, prilagođavaju svoj rad svakoj pojedinačnoj životinji na temelju njene veličine i oblika, čime se osigurava maksimalno iskorištenje mesa i smanjuje potreba za ljudskom intervencijom. Ovi sustavi također se koriste za praćenje higijenskih uvjeta u klaonicama, uključujući praćenje čišćenja opreme, kvalitetu zraka i kontrole temperature u stvarnom vremenu. Ukoliko sustav identificira potencijalni rizik za sigurnost hrane, kao što su kontaminirane površine ili nepravilno skladištenje mesa, odmah obavijesti operatere o potrebnim intervencijama.



Slika 12. Roboti u klaonicama

Izvor: <https://www.linkedin.com/pulse/robotic-innovations-core-meat-industry-jarvis-products-kenya>

Poseban naglasak danas se stavlja na osiguranje kvalitete i sigurnost mesa. Sustavi umjetne inteligencije u pogonima za preradu mesa mogu kontinuirano pratiti rizike od kontaminacije, poput otkrivanja bakterija ili osiguravanja usklađenosti sa higijenskim standardima. To pomaže u sprječavanju bolesti koje se prenose hranom i osigurava da konačni svinjski proizvodi zadovoljavaju sigurnosne standarde. Umjetna inteligencija može pomoći u otkrivanju potencijalnih patogena, kao što su Salmonella ili E. coli, analizom uzoraka mesa ili okolišnih uvjeta u stvarnom vremenu. Također, UI može predvidjeti kada će strojevima u pogonima za preradu trebati održavanje, sprječavajući neočekivane kvarove koji bi mogli dovesti do kontaminacije ili kašnjenja u proizvodnji.

8. PAMETNA FARMA

Pod pojmom "Pametna farma" podrazumijevamo farmu koja koristi napredne tehnologije i inovacije za optimizaciju svih aspekata svinjogojske proizvodnje. Ovakve farme integriraju digitalne i automatske sustave kako bi poboljšale učinkovitost, zdravlje životinja i održivost. Glavne karakteristike ovakve farme su: automatizacija i robotika, senzori i praćenje, analitika i upravljanje podacima, računalni vid i umjetna inteligencija, održiva praksa, poboljšana dobrobit životinja, sigurnost hrane i sljedivost.

Pametna farma svinja integrira napredne tehnologije, kao što su umjetna inteligencija (UI), Internet stvari (IoT), robotika i analitika podataka, kako bi se optimizirali procesi svinjogojstva. Te tehnologije pomažu povećati produktivnost, poboljšati dobrobit životinja, smanjiti utjecaj na okoliš i povećati ukupnu učinkovitost poslovanja. Smart farming ima za cilj prikupljanje podataka u stvarnom vremenu iz različitih senzora i sustava, što omogućuje bolje donošenje odluka, automatizaciju i preciznost u uzgoju svinja.

IoT senzori nadziru različite čimbenike okoliša poput temperature, vlažnosti, kvalitete zraka, razine amonijaka i ventilacije u štalama za svinje. Održavanje optimalnih uvjeta okoliša ključno je za zdravlje i produktivnost svinja. Na temelju podataka iz ovih senzora, pametni sustavi automatski prilagođavaju ventilatore, grijače i ventilacijske sustave kako bi osigurali da se svinje drže u ugodnom i zdravom okruženju (Collins i Smith, 2022.).

Pametni sustavi hranjenja i napajanja koriste senzore za praćenje koliko svaka svinja pojede i popije. Ovi sustavi mogu automatski prilagoditi razine hrane na temelju faze rasta svinje, zdravstvenog stanja ili uvjeta okoline. Na taj način oni sprječavaju prekomjerno ili nedovoljno hranjenje preciznim mjerenjem udjela hrane, optimizirajući rast uz smanjenje troškova i rasipanja.

Automatizacija i robotika na farmama ima važnu ulogu u hranidbi i doziranju hrane za životinje, kao što je već gore navedeno u radu, prilagođava sve potrebama svake svinje pojedinačno i brine se o prostoru gdje svinja boravi pomoću automatiziranih robotskih uređaja napravljenih za uklanjanje gnoja i održavanje higijene pri tome upravljajući otpadom i pazeći na to da ništa ne djeluje štetno na okoliš. Uz pomoć senzora i kamera prati aktivnosti i radnje koje su normalne ili u nekim slučajevima zabrinjavajuće, nakon čega alarmira farmere da poduzmu potrebne radnje. Ova napredna tehnologija uz pomoć umjetne inteligencije upravlja farmom na način da prikuplja podatke, šalje informacije, analizira

podatke, alarmira o nepravilnostima i greškama i pri tome se služi nekim povijesnim informacijama ili podacima kako bi prepoznala promjene koje ukazuju na greške ili bolesti kod životinja (Neethirian i Kemp, 2021.).

AU analizira podatke prikupljene s kamera, senzora i drugih izvora kako bi otkrio rane znakove bolesti. Promjene u ponašanju, obrascima hranjenja ili fiziološkim parametrima (poput temperature ili kretanja) mogu ukazivati na moguće zdravstvene probleme, što omogućuje ranu intervenciju. Ako svinja pokazuje abnormalno ponašanje (npr. smanjeni unos hrane, neaktivnost ili znakove bolesti), sustav šalje upozorenja upravitelju farme ili veterinaru, koji može brzo intervenirati kako bi spriječio izbijanje bolesti. UI modeli koriste povijesne podatke i podatke u stvarnom vremenu za predviđanje potencijalnih zdravstvenih rizika, optimiziranje rasporeda hranjenja i predviđanje tržišne potražnje za svinjetinom. Ovo donošenje odluka temeljeno na podacima pomaže povećati učinkovitost i profitabilnost.

Kamere koje pokreće UI prate ponašanje svinja i otkrivaju abnormalne aktivnosti kao što su agresija, griženje repa ili znakovi nevolje. Ove informacije pomažu poljoprivrednicima da poduzmu mjere za poboljšanje dobrobiti i izbjegavanje ozljeda ili zdravstvenih problema. Kamere i umjetna inteligencija mogu procijeniti težinu svinja analizirajući veličinu i oblik njihova tijela u stvarnom vremenu. To eliminira potrebu za ručnim vaganjem i smanjuje stres za životinje. Sustavi umjetne inteligencije analiziraju kretanje svinja unutar obora i interakcije s drugim svinjama. Promjene u društvenom ponašanju mogu ukazivati na bolest, stres ili prenapučenost, što pomaže farmerima da prilagode raspored obora ili izoliraju bolesne svinje.

Prednosti „Smart farminga“ očituju se kroz poboljšanu dobrobit životinja. Kontinuirano praćenje zdravlja omogućuje rano otkrivanje zdravstvenih problema, smanjenje smrtnosti svinja i poboljšanje opće dobrobiti. Zdravstveni problemi mogu se riješiti prije nego postanu ozbiljni, smanjujući potrebu za antibioticima i drugim tretmanima. Praćenje okoliša osigurava da se svinje drže u optimalnim uvjetima, smanjujući stres i potičući bolji rast. Automatizirani sustavi održavaju idealnu klimu u staji, osiguravajući udobnost tijekom različitih godišnjih doba. Praćenje ponašanja svinja u stvarnom vremenu pomaže u smanjenju štetnog ponašanja kao što je griženje repa ili tučnjava, što može utjecati na dobrobit i produktivnost.

Povećana je učinkovitost i produktivnost na farmi. UI i IoT tehnologije optimiziraju upravljanje hranjenjem, uzgojem i zdravljem, smanjujući korištenje resursa i povećavajući rast svinja. To dovodi do boljih stopa konverzije hrane (FCR) i većih prinosa mesa. Automatizacija smanjuje potrebu za ručnim radom u zadacima poput hranjenja, čišćenja i praćenja zdravlja, oslobađajući radnike na farmi da se usredotoče na zadatke više razine. Prikupljanje i analiza podataka u stvarnom vremenu omogućuju poljoprivrednicima donošenje informiranih odluka o upravljanju stadom, raspodjeli resursa i proizvodnim strategijama, poboljšavajući ukupnu učinkovitost farme.

Pametni sustavi pomažu optimizirati korištenje vode, stočne hrane i energije, smanjujući otpad i minimizirajući utjecaj uzgoja svinja na okoliš. Precizni sustavi hranjenja, na primjer, smanjuju otpadnu hranu i snižavaju troškove proizvodnje. Također, automatizirani sustavi za upravljanje stajskim gnojem pretvaraju otpad u vrijedne resurse kao što su bioplin ili gnojivo, smanjujući zagađenje i pridonoseći održivoj proizvodnji energije.

Sprječavanjem izbijanja bolesti ranim otkrivanjem i preciznim upravljanjem, pametne farme mogu smanjiti potrebu za antibioticima, čime se rješavaju zabrinutosti oko otpornosti na antibiotike i sigurnosti hrane.

Zdravije svinje s optimiziranim programima hranjenja daju meso bolje kvalitete. AI osigurava da se svinje uzgajaju u najboljim uvjetima, poboljšavajući mekoću mesa, okus i ukupnu kvalitetu. RFID i sustavi temeljeni na senzorima prate svinje od rođenja do klanja, osiguravajući potpunu sljedivost za potrošače i osiguravajući usklađenost sa standardima sigurnosti hrane. To također omogućuje farmama da brzo reagiraju na potencijalne probleme sa sigurnošću hrane ili povlačenja.

Budućnost svinjogojске proizvodnje bit će oblikovana tehnologijama koje poboljšavaju učinkovitost, održivost i dobrobit životinja. Automatizacija, umjetna inteligencija, održive prakse i napredne metode upravljanja omogućit će farmama da odgovore na izazove modernog tržišta i povećaju produktivnost, dok istovremeno smanjuju ekološki otisak i poboljšavaju kvalitetu proizvoda.

Pametne farme svinja predstavljaju budućnost održive i učinkovite proizvodnje svinjskog mesa. Integracijom umjetne inteligencije, interneta stvari i robotike, pametne farme mogu optimizirati svaki aspekt uzgoja svinja, od uzgoja i praćenja zdravlja do hranjenja i upravljanja otpadom. Ovo ne samo da poboljšava produktivnost i profitabilnost,

već također poboljšava dobrobit životinja i smanjuje utjecaj poljoprivrednih operacija na okoliš. Kako tehnologija postaje dostupnija, očekuje se da će usvajanje pametnih poljoprivrednih praksi rasti, što će revolucionirati industriju uzgoja svinja.

9. ZAKLJUČAK

Suradnja između čovjeka i umjetne inteligencije u svinjogojskoj proizvodnji može značajno poboljšati učinkovitost i sigurnost na farmama. Tehnologija vođena umjetnom inteligencijom može preuzeti rutinske i fizički zahtjevne zadatke, dok ljudi mogu koristiti svoje vještine i prosudbu za složenije aspekte upravljanja farmom. Ova sinergija može dovesti do boljih rezultata, ali zahtijeva pažljivo planiranje i prilagodbu kako bi se maksimalno iskoristile prednosti obje strane. Primjena umjetne inteligencije omogućuje precizno praćenje zdravlja i ponašanja svinja, što omogućuje brzu reakciju na potencijalne zdravstvene probleme i optimizaciju hranjenja i uvjeta života. Automatizirani sustavi smanjuju potrebu za fizičkim radom i ljudskim pogreškama, povećavajući time produktivnost i učinkovitost. Međutim, uvođenje AI u svinjogojskoj proizvodnji također donosi izazove, uključujući visoke početne troškove, potrebu za specijaliziranom obukom i tehničkim održavanjem, te pitanja vezana uz etiku i sigurnost podataka.

U konačnici, budućnost svinjogojske proizvodnje s tehnologijama vođenim umjetnom inteligencijom obećava značajne prednosti i razvitak te grane poljoprivrede kao i poljoprivrede općenito. Gledajući unaprijed, očekuje se da će umjetna inteligencija nastaviti igrati ključnu ulogu u evoluciji svinjogojske proizvodnje, omogućujući farmama da postignu veće razine učinkovitosti, održivosti i sigurnosti hrane. Kroz pažljivo planiranje, integraciju i upravljanje, AI može značajno unaprijediti proizvodne procese, donoseći korist kako za industriju tako i za potrošače.

10. LITERATURA

1. Banhazi, T. M., Black, J. L. (2009.): Precision livestock farming: a suite of electronic systems to ensure the application of best practice management on livestock farms. *Aust. J. Multi-Disciplinary Eng.* 7 (1), 1–14. doi:10.1080/14488388.2009.11464794
2. Bernardino, T., Carvalho, C.P.T., Batissaco, L., Celeghini, E.C.C., Zanella, A.J. (2022.): Poor welfare compromises testicle physiology in breeding boars. *PLoS One*, 17 (5) (2022), Article e0268944.
3. Blázquez, C. S., Borge-Diez, D., Nieto, I. M., Maté-González, M. Á., Martín, A. F., González-Aguilera, D. (2021.): Investigating the potential of the slurry technology for sustainable pig farm heating. *Energy*, Volume 234, 121258.
4. Bracke M., B., De Lauwere, C., Wind, S., Zonerland, J., (2019.): Attitudes of Dutch Pig Farmers Towards Tail Biting and Tail Docking. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. p. 847-867.
5. Brown-Brandl, T., Rohrer, G.A., Eigenberg, R.A. (2013.): Analysis of feeding behavior of group housed growing–finishing pigs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 96, p. 246-252.
6. Cang, Y., He, H., Qiao, Y. (2019.): An Intelligent Pig Weights Estimate Method Based on Deep Learning in Sow Stall Environments. This work was supported in part by the National Nature Science Foundation of China under Grant 61871142, and in part by the Name was Research on Signal Processing on Graph-Based Dynamic Texture Analysis and Applications.(164867-164875).
7. Chen, R., Y., Ting Ni, C., Siong Ng, K., Lun Hsu, C., Chang, S., Bin Hsu, C., Chen, P., Y., Senior Member, IEEE. (2020.): An AI-based System for

Monitoring Behavior and Growth of Pigs. 2020 International Computer Symposium (ICS). p. 91-95.

8. Collins, L.M., Smith, L.M. (2022.): Review: Smart agri-systems for the pig industry. *Animal*, Supplement 2, June 2022, 100518.
9. Drexl, V., Ditrich, I., Wilder, T., Diers, S., Janssen, H., Krieter, J. (2023.): Prediction of tail biting in pigs using partials least squares regression and artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*. 216.
10. Fuentes, S., Gonzales Viejo, C., Tongson, E., R. Dunshea, F. (2021.): The livestock farming digital transformation: implementation of new and emerging technologies using artificial intelligence. Autor for correspondence is Sigfredo Fuentes. Published online by Cambridge University Press.
11. Goyache, F., Bahamonde, A., Alonso, J., Lopez, S., del Coz, J.J., Quevedo, J.R., Ranilla, J., Luaces, O., Alvarez, I., Royo, L.J., Diez, J. (2001.): The usefulness of artificial intelligence techniques to assess subjective quality of products in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*. Volume 12, Issue 10, p. 370-381.
12. Kavlak, A.T., Pastell, M., Uimari, P. (2023.): Disease detection in pigs based on feeding behaviour traits using machine learning. *Biosystems Engineering*. Volume 226, p 132-143.
13. Kühnemund, A., Götz, S., Recke, G. (2023.): Automatic Detection of Group Recumbency in Pigs via AI-Supported Camera Systems. *Animals* 2023, 13, 2205.
14. Llavanera, M., Delgado-Bermúdez, A., Ribas-Maynou, J., Salas-Huetos, A., Yeste, M. (2022.): A systematic review identifying fertility biomarkers in semen: a clinical approach through Omics to diagnose male infertility. *Fertil. Steril.*, 118 (2) (2022), p. 291-313.

15. Lee, D., H., Lee, S., H., Woo, S., E., Jung, M., W., Kim, D., Heo, T., Y. (2022.): Prediction of Complex Odor from Pig Barn Using Machine Learning and Identifying the Influence of Variables Using Explainable Artificial Intelligence. *Appl. Sci.* 12, 12943.
16. Liu, D., Oczak, M., Maschat, K., Baumgartner, J., Pletzer, B., He, D., Norton, T. (2020.): A computer vision-based method for spatial-temporal action recognition of tail-biting behaviour in group-housed pigs. *Biosystems engineering*.
17. Maselyne, J., Saeys, W., Briene, P., Mertens, K., Vangeyte, J., De Ketelaere, B., i sur. (2016.): Methods to construct feeding visits from RFID registrations of growing-finishing pigs at the feed trough. *Comput. Electron. Agric.* 128, 9–19. ISSN 0168-1699.
18. Mateti, T., Laha, A., Shenoy, P. (2022.): Artificial Meat Industry: Production Methodology, Challenges, and Future. *Interactions between Biomaterials and Biological Tissues and Cells*. Open access. Volume 74, p. 3428–3444.
19. Matthews, S.G., Miller, A.L., Plötz, T., Kyriazakis, I. (2017.): Automated tracking to measure behavioural changes in pigs for health and welfare monitoring. *Scientific Reports*, 7 (1), Article 17582.
20. Mol, R.M. De., Hogewerf, P.H., Verheijen, R.G.J.A., Dirx, N.C.P.M.M., Fels, J.B. (2019.): Monitoring pig behaviour by RFID registrations. *Precision Livestock Farming 2019*. - Teagasc - ISBN 9781841706542 - p. 315 - 321.
21. Neethirajan, S., Kemp, B. (2021.): Digital Livestock Farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 32, Article 100408.
22. Neethirajan, S. (2023.): AI in Sustainable Pig Farming : IoT Insights into Stress and Gait. This article belongs to the Special Issue Neural Networks and Image Analysis in Intelligent Agricultural Engineering.

23. Pandey, S., Kalwa, U., Kong, T., Guo, B., Gauger, P.C., Peters, D.J., Yoon, K.J. (2021.): Behavioral monitoring tool for pig farmers: Ear tag sensors, machine intelligence, and technology adoption roadmap. *Animals*, 11 (9), p. 2665.
24. Schulze, M., Jung, M., Hensel, B. (2023.): Science-based quality control in boar semen production. *Mol. Reprod. Dev.*, 90 (7), pp. 612-620.
25. Seok Mun, H., Dilawar, M., A., Mahfuz, S., B. Ampode, K., M., Chem, V., Kim, Y.-H., Moon, J., P., Yang, C., J. (2022.). Effects of a Combined Geotherminal and Solar Heating System as a Renewable Energy Source in a Pig House and Estimation of Energy Consumption Using Artificial Intelligence-Based Prediction Model. *Animals*, 12, 2860., p 3-16.
26. Shahat, A.M., Rizzoto, G., Kastelic, J.P. (2020.): Amelioration of heat stress-induced damage to testes and sperm quality, *Theriogenology*, 158 (2020), pp. 84-96.
27. Sharma, S., Gahlawat, V.K., Rahul, K., Mor, R.S., Malik, M. (2021.): Sustainable Innovations in the Food Industry through Artificial Intelligence and Big Data Analytics. *Logistics* 2021, 5(4), 66; <https://doi.org/10.3390/logistics5040066>.
28. Taylor, J.F., Schnabel, R.D., Sutovsky, P. (2018.): Identification of genomic variants causing sperm abnormalities and reduced male fertility. *Anim. Reprod. Sci.*, 194. pp. 57-62.
29. Wang, S., Jiang, H., Qiao, Y., Jiang, S., Lin, H., Sun, Q. (2022.): The research progress of vision-based artificial intelligence in smart pig farming. *Sensors*, 22 (17) (2022), p. 6541.
30. Zheng, S., Zhou, C., Jiang, X., Huang, J., Xu, D. (2022.): Progress on infrared imaging technology in animal production: a review. *Sensors*, 22 (3), p. 705.

31. Zhiru, H., Qizhi, Y., Yao, T., Long, S., Jiyuan, T., Yong, W. (2023.): A review of ventilation and cooling systems for large-scale pig farms. *Sustainable Cities and Society*. Volume 89, 104372.

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Robotski uređaji za mužnju.....	3
Slika 2. Detektor pozicije i ponašanja svinja.....	4
Slika 3. Automatski detektor grizenja repova kod svinja.....	9
Slika 4. Robot za hranjenje svinja.....	11
Slika 5. Robot za čišćenje podova staje.....	12
Slika 6. Robot za pranje boksova.....	12
Slika 7. Robotski uređaj za transport i distribuciju slame	14
Slika 8. Sustav hlađenja farme svinja.....	15
Slika 9. RFID oznaka i čitač.....	18
Slika 10. Termalna kamera.....	22
Slika 11. Analiziranje položaja tijela.....	23
Slika 12. Roboti u klaonicama.....	28