

CELOSTNA PREOBRAZBA PROIZVODNIH IN INTRALOGISTIČNIH PROCESOV AVTOMATIZACIJA, IMPLEMENTACIJA DIGITALNIH REŠITEV IN DIGITALNEGA DVOJČKA

Jan Suhadolnik, Andrej Erzetič, Aleš Sedej, Miha Gantar, Jure Maver,
Filip Jure Vuzem, Hugo Zupan

Izvleček:

V sodobnem poslovnem okolju se podjetja vse bolj zavedajo pomena avtomatizacije in digitalizacije proizvodnih in logističnih procesov. Zato je v članku predstavljena celostna preobrazba proizvodnih in intralogističnih procesov podjetja Herbarium. Projekti za avtomatizacijo, digitalno transformacijo in uporabo digitalnega dvojčka omogočajo znatno izboljšanje učinkovitosti, zmanjšanje operativnih napak in povečanje produktivnosti.

Ključne besede:

Avtomatizacija, Digitalizacija, Proizvodni procesi, Intralogistični procesi, Digitalni dvojček, Informatizacija, Proizvodnja čaja, Učinkovitost

1 Uvod

V dobi digitalne revolucije in avtomatizacije proizvodnih procesov se podjetja soočajo s potrebo po stalni inovativnosti in prilagodljivosti [1]. Podjetje Herbarium [2], ki ima dolgoletno tradicijo v proizvodnji čaja, je predstavljalo idealen primer, kjer je bila potrebna celostna preobrazba za ohranjanje konkurenčnosti na trgu. Spremenjeni tržni pogoji, naraščajoča konkurenca in visoka pričakovanja potrošnikov glede kakovosti in trajnosti izdelkov so narekovali nujnost te preobrazbe.

Izzivi, s katerimi se podjetje sooča, niso le v povečanju proizvodnih zmogljivosti, temveč tudi v optimizaciji obstoječih proizvodnih procesov, zmanjšanju okoljskega odtisa in izboljšanju delovnih pogojev za zaposlene. Zavedajoč se teh zahtev, je vodstvo podjetja Herbarium sprejelo strateško odločitev za

vlaganje v napredne tehnologije in digitalne rešitve, ki omogočajo prehod na bolj avtomatizirano in digitalizirano proizvodnjo.

Projekt je bil zasnovan z vizijo izboljšanja ne le operativne učinkovitosti, temveč tudi z namenom ustvariti bolj prilagodljivo in odzivno proizvodno okolje. V projekt je vključena integracija digitalnih tehnologij, ki omogočajo boljše razumevanje in upravljanje proizvodnih procesov, izboljšanje kakovosti končnih izdelkov ter zmanjšanje proizvodnih stroškov.

V naslednjih poglavjih bomo podrobneje raziskali, kako se ta vizija uresničuje skozi različne faze projekta, vključno z avtomatizacijo ključnih delov proizvodnje, digitalizacijo procesov za izboljšanje sledljivosti in kakovosti ter uvedbo digitalnega dvojčka, ki je omogočil boljše planiranje in simulacijo proizvodnih procesov.

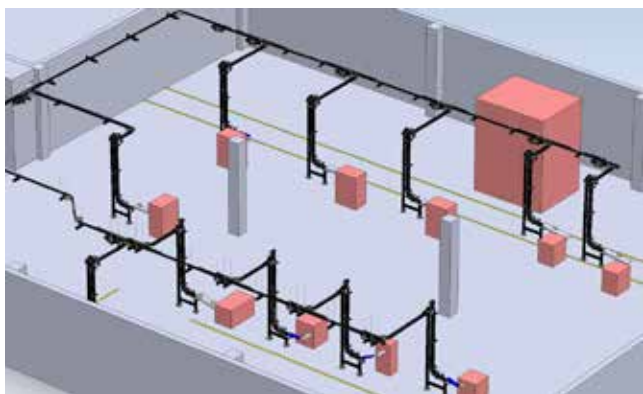
2 Avtomatizacija proizvodnje

Avtomatizacija proizvodnje v podjetju Herbarium je predstavljala ključni korak k povečanju učinkovitosti in zmanjšanju stroškov z uporabo naprednih tehnoloških rešitev. Cilj je bilo nadomestiti ročne operacije z avtomatiziranimi sistemi, kar je pripomoglo k izboljšanju kakovosti končnih izdelkov in zagotavlja bolj varno in ergonomsko delovno okolje.

Jan Suhadolnik, dipl. inž., Andrej Erzetič, dipl. inž.,
Aleš Sedej, dipl. inž., vsi LEOSS AUTOMATION,
Ljubljana

Miha Gantar, dipl. inž., Jure Maver, dipl. inž., oba
LEOSS, d. o. o., Ljubljana

Filip Jure Vuzem, mag., dr. Hugo Zupan, univ.
dipl. inž., oba DIGITEH, d. o. o., Ljubljana



Slika 1 : Transportni sistemi Dorner v Herbariumu

Napredni transportni sistemi proizvajalca Dorner

Ena od ključnih izboljšav v procesu avtomatizacije je bila uvedba naprednih transportnih sistemov proizvajalca Dorner (*slika 1*). Ti sistemi so bili prilagojeni posebej za potrebe podjetja Herbarium in omogočajo dviganje produktov z elevatorji, kar prispeva k čistejšemu proizvodnemu prostoru in boljši dostopnosti do strojev. S tem smo zmanjšali potrebo po prostoru na tleh, hkrati pa izboljšali dostop do proizvodnih linij in zmanjšali tveganje za delovne nesreče.

Po meri prilagojeni transportni sistemi LEOSS

V kombinaciji s transportnimi sistemi Dorner smo v LEOSS-u [3] razvili tudi po meri prilagojene transportne rešitve. Te vključujejo inovativno obešanje transportnih linij na strop proizvodnje. Ta pristop zagotavlja boljši izkoristek prostora, zmanjšuje nevarnost za delavce, omogoča lažji dostop do proizvodnih linij za vzdrževanje in bolj fleksibilno upravljanje s proizvodnimi linijami, kar podjetju daje možnost hitrejšega prilagajanja na spremembe v povpraševanju.



Slika 2 : Strojni vid za razvrščanje paketov

Avtomatizacija združevanja paketov in strojni vid

Nadaljnja avtomatizacija procesa je bila združevanje paketov s posebej zasnovanimi združevalci, ki zagotavljajo pravilen razmik med produkti, kar je izboljšalo kakovost pakiranja. Tudi strojni vid je ključni element naše avtomatizacijske strategije, saj omogoča natančno prepoznavanje in razvrščanje izdelkov, s čimer se povečata hitrost in natančnost izbiranja pravih izhodov za pakete (*slika 2*).

Avtomatsko paletiranje

Kot del naše avtomatizacije smo vključili tudi avtomatske paletirne sisteme, ki so racionalizirali proces pakiranja. Ti sistemi so zmanjšali fizični napor za delavce in povečali splošno produktivnost, hkrati pa omogočili hitrejšo in bolj natančno zlaganje izdelkov v pakirne embalaže.

S temi inovacijami v avtomatizaciji proizvodnje je podjetje Herbarium uspešno izboljšalo svoje proizvodne zmogljivosti, povečalo učinkovitost dela in zagotovilo višjo kakovost končnih izdelkov.

3 Informatizacija in digitalizacija proizvodnje

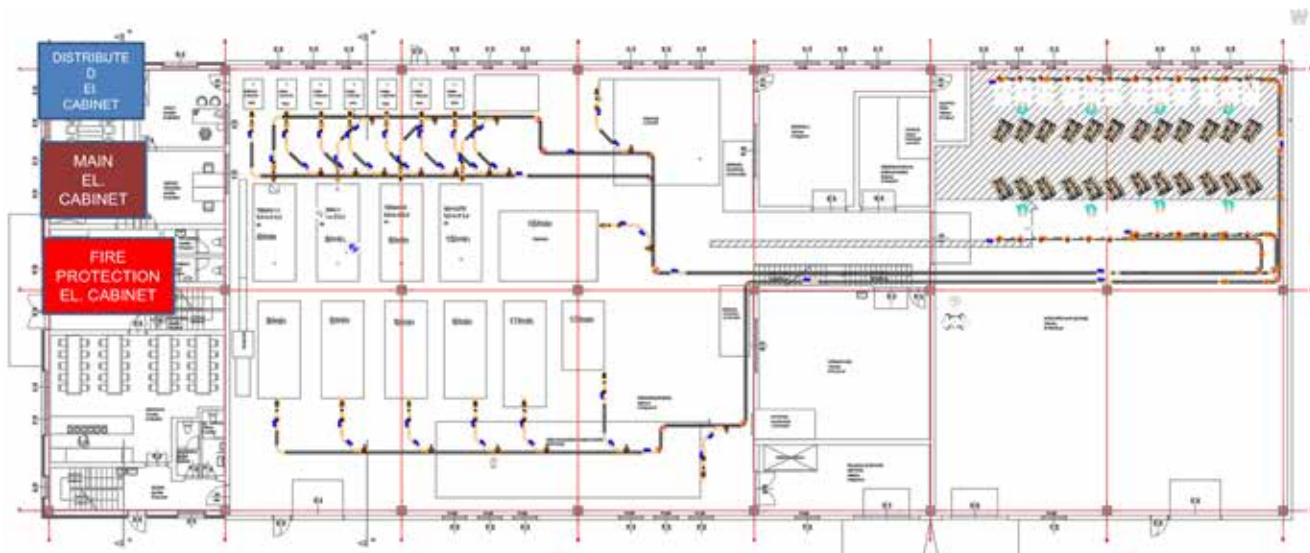
Informatizacija in digitalizacija [4] proizvodnje predstavljata naslednji ključni korak v procesu preoblikovanja podjetja Herbarium. Ta faza je bila usmerjena v integracijo informacijsko-digitalnih tehnologij, ki omogočajo boljše spremljanje, nadzor in optimizacijo proizvodnih procesov (*slika 3*). S poudarkom na natančnosti, sledljivosti in izboljšanju kakovosti končnih izdelkov sta informatizacija in digitalizacija omogočili prehod na digitalno vodeno proizvodnjo.

Integracija naprednih senzorskih tehnologij

Ključni element informatizacije je bila integracija naprednih senzorskih tehnologij po celotni proizvodni liniji. Ta vključuje uporabo fotocelic, ki omogočajo natančno štetje proizvodov in spremljanje njihovega gibanja skozi različne faze proizvodnje. Ta tehnologija zagotavlja neprekinjeno in avtomatizirano spremljanje proizvodnje, kar znatno izboljša kakovost podatkov in omogoča hitrejšo odzive na morebitne težave v proizvodnem procesu.

Digitalni prikazovalniki in vmesniki HMI

Za učinkovitejše upravljanje in spremljanje proizvodnih procesov v proizvodnem obratu smo integrirali digitalne prikazovalnike. Ti zasloni so nameščeni na strateških mestih v proizvodnji in medskladiščnih prostorih, kar omogoča delavcem in vodjem izmen neposreden vpogled v ključne proizvodne parametre. Poleg tega se uporabljajo



Slika 3 : Integracija sistemov za informatizacijo in digitalizacijo proizvodnje

vmesniki Human-Machine Interface (HMI), ki omogočajo vodjem izmen enostavno vnašanje in prilagajanje predvidenih količin ter drugih proizvodnih parametrov preko njihovih računalnikov (slika 4). Ta pristop zagotavlja večjo fleksibilnost in prilagodljivost proizvodnje ter izboljšuje natančnost pri planiranju z ažurnimi podatki, kar omogoča optimalnejše planiranje.

Digitalno upravljanje in sledenje proizvodnje

Razvoj in implementacija celovitega digitalnega upravljanja proizvodnje sta bila še dva pomembna koraka. Ta sistem vključuje centralizirano bazo podatkov, ki zbira in analizira vse ključne informacije v realnem času. S tem je mogoče slediti vsakemu koraku v proizvodnem procesu, od vhodnih surovin do končnih izdelkov. To omogoča boljše razumevanje in optimizacijo proizvodnih tokov, hitrejšo odkrivanje in odpravljanje težav ter bolj učinkovito načrtovanje proizvodnje.



Slika 4 : Vmesnik HMI za spremljanje in upravljanje proizvodnje

Povezava z WMS in avtomatiziranimi skladiščnimi sistemi

Kot del digitalizirane strategije smo integrirali tudi WMS (Warehouse Management System) in avtomatizirane skladiščne sisteme (slika 5). Ta povezava sedaj omogoča sinhronizacijo med proizvodnjo in logistiko, kar prispeva k boljši uporabi skladiščnih prostorov, optimizaciji zalog in zmanjšanju zastojev. Z WMS lahko sedaj v podjetju Herbarium bolje sledijo in upravljajo zalogami, kar omogoča bolj



Slika 5 : Programska rešitev LEOSS WMS

natančno in pravočasno dobavo surovin in materialov v proizvodnjo.

S temi digitalnimi inovacijami je podjetje Herbarium uspešno prešlo na povezano, učinkovito in prožno proizvodnjo, ki je sposobna hitreje reagirati na spremenjene tržne zahteve in pričakovanja kupcev. Informatizacija in digitalizacija proizvodnje predstavljata ključni korak v procesu preoblikovanja in izboljšanja celotnega podjetja.

4 Planiranje proizvodnje s pomočjo digitalnega dvojčka

V procesu digitalne preobrazbe podjetja Herbarium je razvijanje digitalnega dvojčka s strani podjetja DIGITEH [4] predstavljalo revolucionaren korak naprej pri planiranju proizvodnje. Ta tehnološka inovacija sedaj omogoča podjetju, da natančno simulira in optimizira proizvodne procese, kar vodi do znatnega izboljšanja učinkovitosti in zmanjšanja napak v proizvodnji.

Vloga digitalnega dvojčka v proizvodnji

Digitalni dvojček predstavlja digitalno kopijo realnega proizvodnega sistema podjetja [5], vključno z vsemi stroji, transportnimi sistemi in delovnimi procesi. Ta tehnologija omogoča podrobno analizo in simulacijo proizvodnih procesov, kar olajša identifikacijo morebitnih težav in iskanje optimalnih rešitev. Uporaba digitalnega dvojčka omogoča preizkušanje različnih scenarijev »kaj-če«, s čimer lahko hitro ugotovimo, kako spremembe v vhodnih parametrih ali proizvodnih procesih vplivajo na celoten sistem (slika 6).

Optimizacija in napovedovanje s pomočjo digitalnega dvojčka

Digitalni dvojček je uporabljen ne le za simulacijo in analizo trenutnih proizvodnih procesov, ampak omogoča tudi napovedovanje prihodnjih trendov in potreb [5, 6]. Z analizo zbranih podatkov iz različnih informacijskih sistemov lahko predvidimo



Slika 6 : Preslikava realnega procesa v digitalnega dvojčka in digitaliziranje znanja podjetja Herbarium

potrebe po vzdrževanju, optimiziramo proizvodne zmogljivosti in izboljšamo celotno učinkovitost proizvodnje. Ta pristop prinaša podjetju Herbarium veliko prednost v smislu zmanjšanja nepotrebnih stroškov in izboljšanja odzivnosti na tržne spremembe.

Nadgradnja simulacijskih modelov

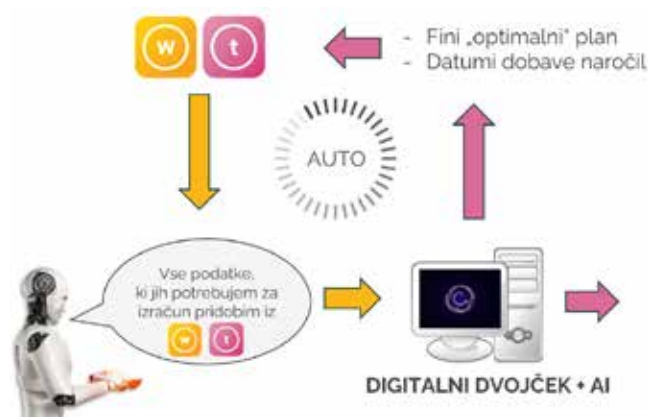
Digitalni dvojček predstavlja nadgradnjo tradicionalnih simulacijskih modelov. V tradicionalnih modelih je vnašanje podatkov večinoma ročno, kar pogosto vodi do napak. Pri uporabi digitalnega dvojčka zajem podatkov poteka avtomatsko iz realnega sistema, kar skoraj v celoti odpravi možnosti za napake. Poleg tega digitalni dvojček omogoča dvosmerno komunikacijo, kar pomeni, da lahko podatke vrača nazaj v sistem, s čimer dodatno izboljša procese načrtovanja in odločanja.

Povezava z digitalnimi agenti in WMS

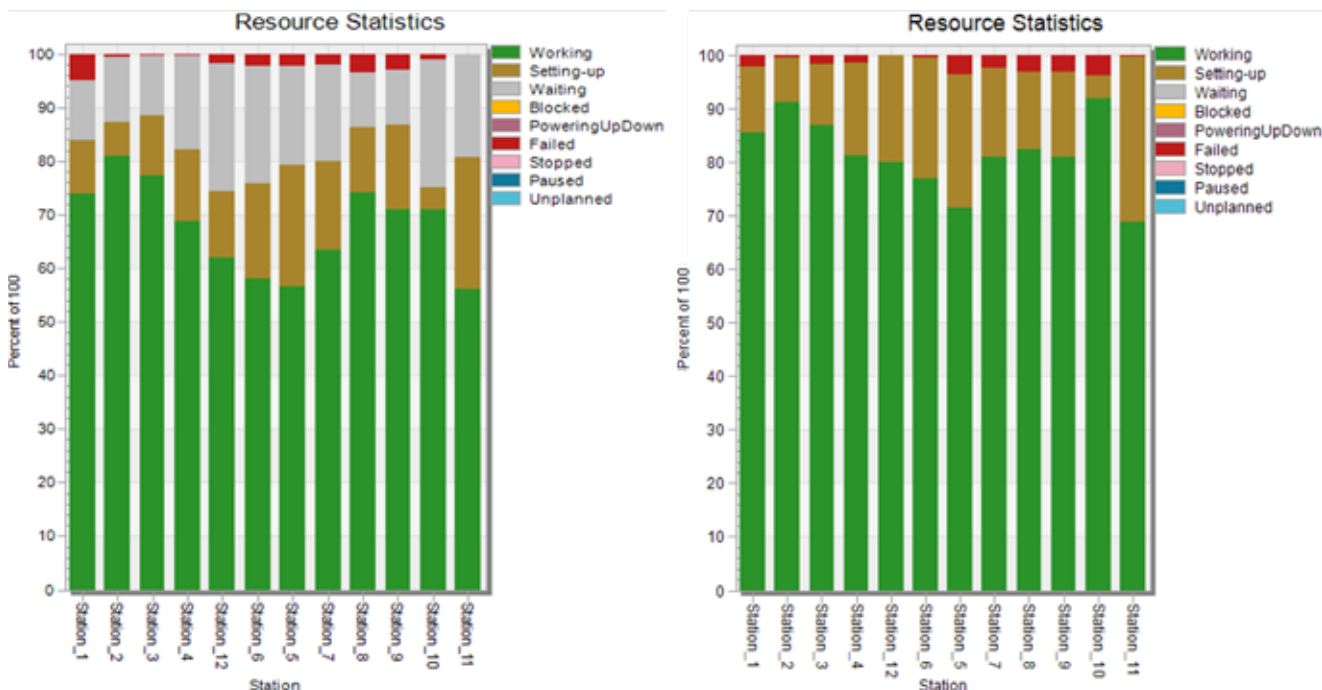
Za maksimalno izkoriščenje digitalnega dvojčka smo razvili tudi digitalne agente, ki omogočajo samodejno sprejemanje hitrih in učinkovitih odločitev. Ti agenti delujejo v tesni povezavi z digitalnim dvojčkom, pri čemer iz njega pridobivajo vhodne podatke in na podlagi teh ponujajo optimalne rešitve. Poleg tega je digitalni dvojček povezan z WMS, kar zagotavlja učinkovito upravljanje zalog in materialov, potrebnih za proizvodnjo (slika 7).

Inovativnost in učinki na proizvodnjo

Inovativnost digitalnega dvojčka se odraža v sposobnosti sistema, da preprečuje vnos napačnih parametrov in s tem povečuje zanesljivost in hitrost načrtovanja. To je še posebej pomembno pri načrtovanju proizvodnih sistemov različnih tipov in velikosti. Razvit sistem digitalnega dvojčka se uporablja za realnočasovno planiranje in usmerjanje proizvodnje, kar omogoča hitre prilagoditve delovnega plana v primeru nepričakovanih dogodkov, kot so zaustavitve proizvodnje ali spremembe v naročilih.



Slika 7 : Integracija digitalnega dvojčka in rešitev LE-OSS



Slika 8 : Z dobrim planiranjem do boljše izkoriščenosti strojev: PREJ (levo), POTEM (desno)

Digitalni dvojček v realnem času izračunava »optimalne« proizvodne plane, ki jih nato vrača v proizvodnjo. Na ta način razvršča delo na posameznih linijah tako, da je čim manj neaktivnega časa linije, s čimer se dviga skupna učinkovitost (OEE) proizvodnje (slika 8).

S pomočjo digitalnega dvojčka je podjetje Herbarium uspešno vzpostavilo natančno, prožno in učinkovito planiranje proizvodnje, kar ima dolgoročne pozitivne učinke na celotno poslovanje podjetja.

5 Zaključek

Projekt celostne preobrazbe proizvodnih in intralogističnih procesov v podjetju Herbarium je prelomnega pomena za nadaljnji razvoj in konkurenčnost na trgu. Z uvedbo avtomatizacije, informatizacije, digitalizacije in uporabo digitalnega dvojčka smo dosegli obsežne izboljšave v učinkovitosti, natančnosti in prilagodljivosti proizvodnih procesov.

Ključni dosežki

Glavni dosežek projekta je znatno povečanje pro-



Slika 9 : Dvig proizvodnih kapacitet za vsaj 30 %

duktivnosti, ki se odraža v povečanju proizvodnje s 140.000 na 185.000 škatel čaja na dan, kar predstavlja povečanje za več kot 30 % (slika 9). Ta izboljšava je rezultat uvedbe naprednih avtomatiziranih in digitalnih sistemov, ki optimizirajo tako posamezne proizvodne procese kot tudi celotno proizvodno linijo.

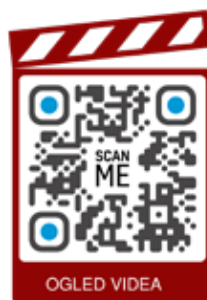
Dolgoročni učinki

Dolgoročni učinki te preobrazbe so mnogostranski. Poleg neposrednih izboljšav v proizvodnji in logistiki je projekt prispeval k boljšim delovnim pogojem, zmanjšanju okoljskega odtisa in izboljšanju splošne kakovosti izdelkov. Avtomatizacija in digitalizacija prinašata tudi boljše možnosti za prilagajanje tržnim spremembam ter hitrejši odziv na potrebe kupcev.

Naprej v digitalno prihodnost

S tem projektom je podjetje Herbarium postavilo temelje za nadaljnjo digitalno transformacijo in inovacije. Uvedba digitalnega dvojčka in povezanih tehnologij predstavlja pomemben korak v smeri razvoja pametne tovarne, ki bo sposobna še večje prilagodljivosti in učinkovitosti. Ta transformacija ni pomembna samo za izboljšanje trenutnih proizvodnih procesov, temveč tudi za razvoj novih strategij in poslovnih modelov.

Celostna preobrazba v podjetju Herbarium je jasen primer, kako lahko pravilno usmerjena in izvedena avtomatizacija ter digitalizacija proizvodnje pripomoreta k večji učinkovitosti, zmanjšanju stroškov in izboljšanju kakovosti izdelkov. Ta uspešni projekt je vzorčni primer za ostala podjetja, ki iščejo načine za inovacije in izboljšave v svojih proizvodnih procesih. S tem korakom Herbarium dokazuje svojo predanost nenehnemu izboljševanju in prilagajanju sodobnim tržnim zahtevam, s čimer si utira pot do vodilne pozicije v industriji.



Za vpogled v trenutno proizvodnjo podjetja Herbarium skenirajte spodnjo QR kodo in si oglejte, kako poteka naš napredni proizvodni proces.

Reference

- [1] Intervju s prof. dr. Nikom Herakovičem: Digitalizacija se povrne vsaj dvanajstkratno. V Slovenji še več., Večer, 1.6.2024, str: 10-11
- [2] Herbarium (www.spidergrupa.hr)
- [3] LEOSS d.o.o. (www.leoss.si)
- [4] DIGITEH d.o.o. (HYPERLINK »<http://www.digiteh.eu>«www.digiteh.eu)
- [5] H. Zupan, N. Herakovič, J. Žerovnik, T. Berlec: Layout optimization of a production cell. International Journal of Simulation Modelling 16 (2016) str. 603-616.
- [6] H. Zupan, N. Herakovič, M. Starbek: Hybrid Algorithm Based on Priority Rules for Simulation of Workshop Production. International Journal of Simulation Modelling 15 (2016) str. 29-41.
- [7] H. Zupan, N. Herakovič, J. Žerovnik: A hybrid metaheuristic for job-shop scheduling with machine and sequence-dependent setup times. 13th International Symposium on Operational Research in Slovenia, Bled, Slovenia, 2015. str. 129-134.

Comprehensive Transformation of Production and Intralogistics Processes - Automation, Implementation of Digital Solutions, and Digital Twin

Abstract:

In the modern business environment, companies increasingly recognize the importance of automation and digitalization of production and logistics processes. This article presents the comprehensive transformation of production and intralogistics processes at the Herbarium company. The projects for automation, digital transformation, and the use of a digital twin significantly improved efficiency, reduced operational errors, and increased productivity. The transformation aimed not only to enhance operational efficiency but also to create a more flexible and responsive production environment. The project included the integration of digital technologies that enabled better understanding and management of production processes, improvement of product quality, and reduction of production costs. Through various phases of the project, including automation of key production areas, digitalization for traceability and quality improvement, and the introduction of a digital twin for better planning and simulation, the vision was successfully realized.

Keywords:

Automation, Digitalization, Production Processes, Intralogistics Processes, Digital Twin, Informatization, Tea Production, Efficiency, Productivity