



ÓBUDAI EGYETEM  
ÓBUDA UNIVERSITY



Mérnöki Szimpózium a Bánkiban  
(ESB 2025)



# **Zöldterület karbantartó munkagépekkel végzett munkafolyamatok monitorozási és modellezési lehetőségeinek a vizsgálata**

## **Investigation of monitoring and modeling possibilities of work processes performed with green space maintenance machinery**

<sup>1</sup>Varga Viktória Annamária, <sup>1</sup>Széles Levente, <sup>1</sup>Oláh Ferenc, <sup>1</sup>Lukács Judit, <sup>2</sup>Matók Zsolt, <sup>1</sup>Horváth Richárd

<sup>1</sup>Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar,  
[horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu](mailto:horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu)

<sup>2</sup>Hydrotest Kft.

---

### **Összefoglalás**

A tanulmány zöldterület-karbantartó munkagépek üzemeltetésének monitorozási és modellezési lehetőségeit vizsgálja. A kutatás célja olyan telematikai alapú adatgyűjtési és -feldolgozási módszerek értékelése, amelyek hozzájárulnak a működési hatékonyság növeléséhez. A vizsgálat során kiemelt szerepet kapott az üzemanyag-felhasználás, az üzemidő és a mozgási jellemzők elemzése. A begyűjtött adatok alapján azonosíthatók a nem optimális működési állapotok, valamint lehetőség nyílik a folyamatok optimalizálására. A modellezési megközelítések közül a digitális iker koncepció különösen ígéretesnek bizonyult, mivel lehetővé teszi a rendszer működésének szimulációját és előrejelzését. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a monitorozási és modellezési módszerek integrált alkalmazása jelentős mértékben javíthatja az üzemeltetés hatékonyságát.

Kulcsszavak: monitorozás, digitális iker, zöldterület-karbantartás

---

### **Abstract**

This study investigates the monitoring and modeling possibilities of green area maintenance machinery operation. The objective of the research is to evaluate telematics-based data acquisition and processing methods that contribute to improving operational efficiency. Particular emphasis is placed on the analysis of fuel consumption, operating time, and motion-related parameters. Based on the collected data, non-optimal operating conditions can be identified, enabling process optimization. Among the applied modeling approaches, the digital twin concept proved to be particularly promising, as it allows simulation and prediction of system behavior. The results indicate that the integrated application of monitoring and modeling methods can significantly enhance operational efficiency.

Keywords: monitoring, digital twin, green area maintenance

---

## 1 Bevezetés

A modern ipari és üzemeltetési környezetben a hatékonyság, a költségoptimalizálás és a fenntarthatóság egyre meghatározóbb szerepet töltenek be. A zöldterület-karbantartási és kommunális gépek üzemeltetése során különösen fontos a rendelkezésre álló erőforrások hatékony felhasználása, valamint a munkafolyamatok átlátható és adatvezérelt irányítása. A technológiai fejlődés lehetővé tette olyan fejlett monitorozó és telematikai rendszerek alkalmazását, amelyek valós idejű adatgyűjtéssel és -feldolgozással támogatják az üzemeltetési döntéseket.

A jármű- és munkagép-monitorozás ma már nem csupán a pozíciókövetésre korlátozódik, hanem kiterjed a működési paraméterek – például üzemanyag-fogyasztás, terhelés, üzemidő és állapotjellemzők – folyamatos vizsgálatára is. Az így nyert adatok lehetőséget biztosítanak a működési hatékonyság növelésére, a karbantartási folyamatok optimalizálására, valamint a költségek csökkentésére. Különösen releváns ez a zöldterület-karbantartó gépek esetében, ahol a szezonális és területfüggő munkavégzés komplex üzemeltetési kihívásokat eredményez.

A mezőgazdasági és szállítmányozási szektorban már széles körben alkalmazott monitorozó rendszerek jól adaptálhatók a zöldterület-kezelés területére is, mivel a gép–felépítmény kapcsolatok és az üzemeltetési logika hasonló alapelveken nyugszik. Az ilyen rendszerek integrálása nemcsak a valós idejű nyomon követést teszi lehetővé, hanem megalapozza a fejlettebb modellezési megközelítések – például digitális iker alapú rendszerek – alkalmazását is, amelyek a fizikai és virtuális környezet összekapcsolásával új szintre emelik az optimalizációt és a döntéstámogatást.

Jelen munka célja a zöldterület-karbantartó munkagépekhez kapcsolódó monitorozási lehetőségek és modellezési módszerek vizsgálata, különös tekintettel a telematikai rendszerek által biztosított adatok hasznosíthatóságára. A kutatás fókuszában a különböző szenzorokkal és adatgyűjtési megoldásokkal támogatott rendszerek elemzése, valamint ezek alkalmazhatóságának értékelése áll a hatékonyabb és fenntarthatóbb üzemeltetés érdekében.

## 2 Anyagok és módszerek

### 2.1 Vizsgált rendszer és alkalmazási környezet

A vizsgálat tárgyát zöldterület-karbantartó munkagépek üzemeltetéséhez kapcsolódó monitorozási és modellezési lehetőségek képezik. Az ilyen rendszerek tipikusan egy hordozójárműből és az arra integrált felépítményből állnak, amelyek együtt egy komplex, több alrendszert magában foglaló műszaki egységet alkotnak. A rendszer működését meghatározó tényezők között szerepelnek a mechanikai, energetikai és üzemeltetési paraméterek, amelyek egymással kölcsönhatásban befolyásolják a teljesítményt és a hatékonyságot.

A vizsgálat során kiemelt figyelmet kaptak azok a működési jellemzők, amelyek közvetlen kapcsolatban állnak a gazdaságos üzemeltetéssel. Ide tartozik az üzemanyag-felhasználás, a tényleges üzemidő, a terhelési viszonyok, valamint a mozgási és helymeghatározási adatok. Ezen paraméterek együttes értékelése lehetővé teszi a rendszer működésének kvantitatív elemzését.

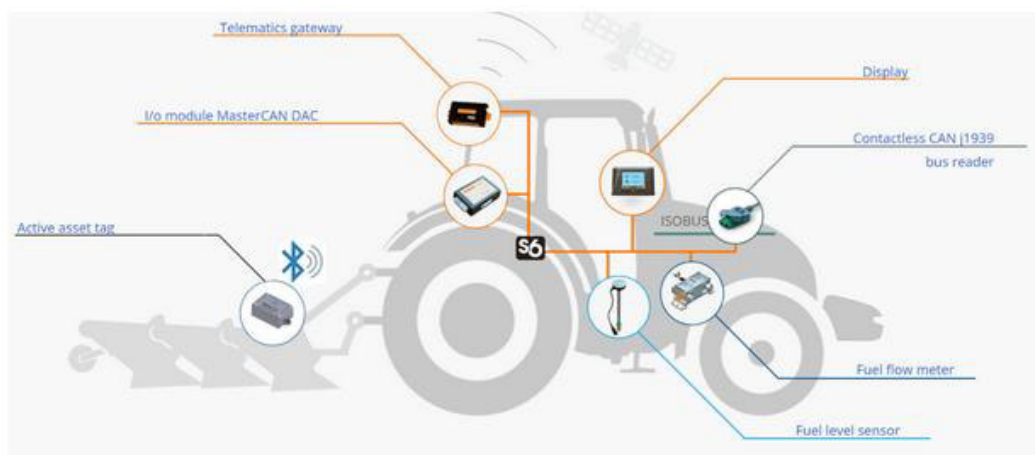
### 2.2 Monitorozási rendszer felépítése

A vizsgált monitorozási rendszer több szintből álló architektúrára épül, amely biztosítja a fizikai folyamatok digitális leképezését. Az alsó szinten elhelyezkedő szenzorok feladata a különböző fizikai mennyiségek – például üzemanyag-szint, áramlás, terhelés és üzemi paraméterek – folyamatos mérése. Az érzékelők által generált jelek egy szabványosított kommunikációs csatornán keresztül kerülnek továbbításra.

Az adatátvitel jellemzően CAN-alapú rendszeren valósul meg, amely lehetővé teszi a különböző

komponensek közötti megbízható és gyors kommunikációt. Az eltérő forrásokból származó adatok integrációját gateway egységek végzik, amelyek biztosítják az információk egységes formátumban történő feldolgozását és továbbítását.

A rendszer felső szintjén egy központi szoftverplatform helyezkedik el, amely az adatok tárolását, feldolgozását és vizualizációját végzi. A korszerű megoldások már nem csupán adatgyűjtő rendszerek, hanem komplex elemző eszközök, amelyek támogatják az üzemeltetési döntések meghozatalát.



1. ábra Mezőgazdasági munkagép monitorozási rendszerének felépítése [1]

### 2.3 Adatfeldolgozás és értékelési módszerek

A begyűjtött adatok feldolgozása több lépésben történik, amely magában foglalja az adattisztítást, az adatok strukturálását, valamint az analitikai feldolgozást. Az elemzés során a hangsúly az üzemeltetési hatékonyságot befolyásoló tényezők azonosításán van.

A komplex mezőgazdasági és gépesített rendszerek modellezése során az egyes működési paraméterek közötti összefüggések feltárása kulcsfontosságú szerepet játszik, mivel ezek határozzák meg a rendszer viselkedését és optimalizálhatóságát [2]. Az üzemanyag-felhasználás, a mozgási mintázatok és az üzemidő összevetése lehetőséget biztosít a nem optimális működési állapotok meghatározására.

Az adatvezérelt megközelítések alkalmazása lehetővé teszi olyan döntéstámogató rendszerek kialakítását, amelyek hozzájárulnak a működési folyamatok optimalizálásához és a hatékonyabb erőforrás-felhasználáshoz [3].

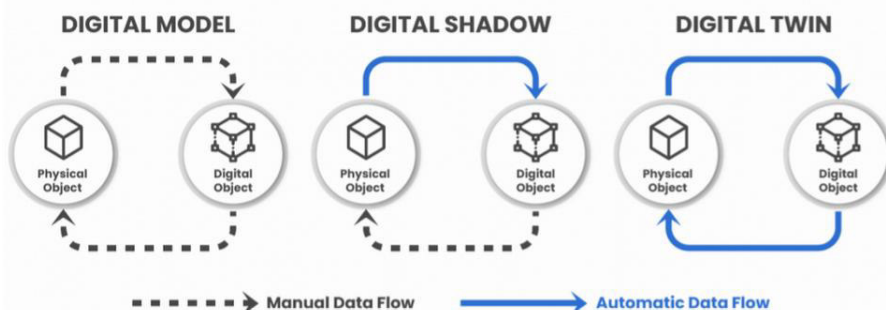
### 2.4 Modellezési megközelítések

A monitorozási adatok hatékony felhasználásának érdekében különböző modellezési módszerek kerültek alkalmazásra. A legegyszerűbb megközelítés a digitális modell, amely a fizikai rendszer statikus leképezését biztosítja, azonban nem tartalmaz valós idejű visszacsatolást.

A digitális árnyék ezzel szemben már dinamikus kapcsolatot valósít meg, mivel a fizikai rendszerből származó adatok folyamatosan frissítik a modellt, lehetővé téve az aktuális állapot pontos nyomon követését.

A digitális iker koncepció ennél magasabb szintű integrációt valósít meg, mivel kétirányú adatkapcsolatot biztosít a fizikai és virtuális rendszer között, ezáltal lehetőséget teremtve a működés szimulációjára, optimalizálására és validálására valós idejű környezetben [4]. A megközelítés különösen hatékonynak bizonyult különböző ipari és automatizált rendszerek esetében, ahol komplex működési folyamatok vizsgálata szükséges.

A digitális iker alapú megoldások alkalmazása lehetőséget biztosít autonóm és félautonóm géprendszerek működésének optimalizálására is, például munkavégzési pályák generálása és előrejelzése révén [5]. Ennek megfelelően a módszer potenciálisan jól alkalmazható zöldterület-karbantartó gépek üzemeltetésének vizsgálatában is.



2. ábra Különbségek digitális modellek és ikrek között [6]

### 3 Eredmények és elemzés

#### 3.1 Üzemanyag-felhasználás vizsgálata

Az elemzések alapján megállapítható, hogy az üzemanyag-felhasználás jelentős mértékben függ az üzemeltetési körülményektől és a kezelői gyakorlatoktól. A vizsgált adatok rámutattak arra, hogy az indokolatlan alapijáratú működés, valamint a nem optimális útvonalválasztás számottevő többletfogyasztást eredményez.

A fogyasztási adatok és az üzemállapotok összevetése lehetővé teszi olyan működési minták azonosítását, amelyek javításával jelentős költségsökkentés érhető el.

#### 3.2 Üzemidő és kihasználtság elemzése

A gépek üzemidejének vizsgálata során megállapítható, hogy a rendelkezésre állási idő nem minden esetben kerül hatékony kihasználásra. A tényleges munkavégzés és az üresjáratú idő arányának elemzése alapján kimutatható, hogy jelentős optimalizációs tartalékok állnak rendelkezésre.

A valós idejű monitorozás lehetőséget biztosít ezen időszakok pontos meghatározására, amely alapul szolgálhat a munkafolyamatok racionalizálásához.

#### 3.3 Mozgási pályák és útvonal-optimalizálás

A helymeghatározási adatok feldolgozása során megállapítható, hogy az útvonalválasztás jelentős hatással van az üzemeltetési hatékonyságra. A nem megfelelően megtervezett mozgási pályák növelik a megtett távolságot és az energiafelhasználást, ami közvetlen költségnövekedést

eredményez.

A járművek és mezőgazdasági gépek mozgásának modellezése és szimulációja hatékony eszközt biztosít a működési folyamatok elemzésére és optimalizálására, különösen többtest-rendszerek esetében [7]. Az adatok alapján lehetőség nyílik az optimális útvonalak meghatározására, amely hozzájárul a hatékonyabb munkavégzéshez.

Útvonalak és lehetséges fordulatok generálódnak a terepi partícióban, de a legtöbb rendszer arra vonatkozóan nem ad tanácsot, hogy hogyan vagy milyen sorrendben érdemes ezeket végig járni.

Számos tevékenység esetében azonban van jelentősége az optimális útvonal bejárási módjának és a belépés helyének, melyekkel jelentős erőviszony megtakarítást érhetünk el. Ezt nevezzük lényegében útvonal generálásnak.

Az útvonalak információkat tartalmaznak arról, hogy hová menjen, és mit tegyen. Legtöbb esetben az optimális útvonal mellett az alábbi paraméterek a fontosak:

- A ki/be lépés helye és viszony a területhez
- A berendezés üzem ideje (ha elektromos akkor elképzelhető, hogy töltés szükséges)
- A berendezés aktív munkavégző elemeinek cseréje (olyan elemek melyek egy területen belül elkopnak).
- A zöldterület karbantartásra használt szer vagy éppen a kívitt kuszálék le/fel ürítése miatti megszakítás.



3. ábra Egy megtervezett útvonal szimulálása [4]

### 3.4 Karbantartási stratégia értékelése

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a hagyományos, időalapú karbantartási megközelítések nem minden esetben biztosítanak optimális megoldást. A monitorozási rendszer által szolgáltatott adatok lehetővé teszik az állapotfüggő karbantartás alkalmazását, amely a tényleges igénybevételhez igazítja a beavatkozások időzítését.

Ez a megközelítés csökkenti a nem tervezett meghibásodások kockázatát, valamint hozzájárul a berendezések élettartamának növeléséhez.

## 4 Konklúzió

A kutatás eredményei alapján megállapítható, hogy a zöldterület-karbantartó gépek üzemeltetésének hatékonysága jelentős mértékben javítható korszerű monitorozási rendszerek alkalmazásával. A valós idejű adatgyűjtés és az arra épülő analitikai módszerek lehetővé teszik a működési folyamatok részletes feltárását.

Az eredmények rámutatnak arra, hogy az üzemanyag-felhasználás, a gépkihasználat és a karbantartási stratégia optimalizálása egyaránt megvalósítható adatvezérelt megközelítéssel. A modellezési módszerek, különösen a digitális iker alkalmazása további lehetőségeket biztosít a működés előrejelzésére és optimalizálására.

Összességében megállapítható, hogy a monitorozási és modellezési technológiák integrált alkalmazása alapvető feltétele a hatékony és fenntartható üzemeltetésnek, és a jövőben várhatóan meghatározó szerepet fog betölteni az intelligens géprendszerek fejlesztésében.

## 5 Hivatkozások

- [1] <https://jv-technoton.com/solutions/agricultural-machinery-telematics/>
- [2] Cros, M., Garçia, F., Martin-Clouaire, R., & Rellier, J. (2002). Modeling and simulating agricultural production processes.
- [3] Nilsson RS, Zhou K. Decision Support Tool for Operational Planning of Field Operations. *Agronomy*. 2020; 10(2):229. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020229>
- [4] Armendia, M., Ghassempouri, M., Ozturk, E. & Peysson, F., editor. (2019) Twin-Control: A Digital Twin Approach to Improve Machine Tools Lifecycle. Cham: Springer International Publishing: Imprint: Springer. [Image] Retrieved from the Library of Congress, <https://www.loc.gov/item/2019762955/>.
- [5] Tao Fu, Tianci Zhang, Yilin Lv, Xueguan Song, Guang Li, Haifeng Yue, Digital twin-based excavation trajectory generation of Uncrewed excavators for autonomous mining, *Automation in Construction*, Volume 151, 2023, 104855, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104855>.
- [6] <https://vidyatec.com/blog/the-3-levels-of-the-digital-twin-technology-2/>
- [7] Francesco Mocera, Andrea Nicolini, Multibody simulation of a small size farming tracked vehicle, *Procedia Structural Integrity*, Volume 8, 2018, Pages 118-125, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2017.12.013>.