Semilab Félvezető Fizikai Kutatólaboratórium Zrt.
1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 2.

+36702533123
gergely.kronome@semilab.hu

Opponensi vélemény
Nagy Roland
Automotive and mechatronics applications of IMU sensors
című doktori (PhD) értekezéséről

A Jelölt doktori értekezésében egy olyan komplex útfelület-monitorozó és útminőség-minősítő rendszer fejlesztését mutatja be, amely gépjárművekbe telepített inerciális és gyorsulásmérő szenzorok, valamint korszerű adatfeldolgozási és gépi tanulási módszerek alkalmazásával alkalmas közúti úthibák felismerésére, osztályozására és térképi reprezentációjára. A dolgozat témája mind tudományos, mind gyakorlati szempontból aktuális és jelentős. A közúthálózatok állapotának folyamatos romlása, valamint az ehhez kapcsolódó fenntartási és közlekedésbiztonsági problémák világszerte egyre nagyobb figyelmet kapnak, így különösen fontosak azok a kutatások, amelyek költséghatékony, skálázható és automatizálható monitorozási módszereket kínálnak.

A dolgozat egyik legnagyobb erősségének tartom, hogy a Jelölt nem csupán egy részfeladat megoldására koncentrált, hanem a teljes rendszer vertikumát önállóan dolgozta ki. A bemutatott munka magában foglalja a saját fejlesztésű adatgyűjtő elektronika és mérőrendszer tervezését, a szenzorok integrálását, az adatgyűjtési és előfeldolgozási pipeline kialakítását, a gépi tanulási alapú kiértékelési módszereket, valamint a végső eredmények térinformatikai feldolgozását és megjelenítését is. Ez a fajta rendszerszemlélet és mérnöki komplexitás ritkán jelenik meg ilyen egységes formában doktori dolgozatokban.

Az értekezés szerkezeti felépítése logikus, jól követhető és megfelelően tagolt. Az irodalmi áttekintés kellően részletes, és megfelelő módon mutatja be mind a hagyományos útfelület-monitorozási eljárásokat, mind pedig a vibrációalapú megközelítésekhez kapcsolódó járműdinamikai, adatfeldolgozási és gépi tanulási hátteret. A Jelölt tárgyalja a korábbi módszerek korlátait, különösen azok magas költségét, emberi erőforrás-igényét és korlátozott skálázhatóságát. A kutatási célkitűzések ezekre a hiányosságokra jól reflektálnak, és világosan kijelölik a dolgozat tudományos fókuszpontjait.

A dolgozat a műhelyvitán tárgyalt előző verziójához képest több ponton kiforrottabbá vált. A módszertani leírások általában részletesebbek lettek, különösen az annotációs stratégia, a manőverdetektálási eljárás és a gépi tanulási pipeline ismertetésében. A korábbi bírálatomban megfogalmazott észrevételeket és módosítási javaslatokat a Jelölt a jelenlegi verzióban figyelembe vette.

A dolgozat tudományos újdonságai közül kiemelendő a Machine-In-the-Loop annotációs megközelítés bevezetése vibrációalapú útfelület-minősítési feladatokra. A Jelölt meggyőzően mutatja be, hogy a felügyelt gépi tanulási modellek tanításához szükséges referenciaadatok előállítása jelentős részben automatizálható klaszterezési módszerek alkalmazásával. A

Gaussian Mixture Model alapú megközelítés megfelelő statisztikai mutatókkal alátámasztott módon képes konzisztens útminőségi kategóriák kialakítására.

Szintén jelentős eredménynek tartom az agresszív járműmanőverek detektálására és korrekciójára szolgáló módszer kidolgozását. A dolgozat meggyőzően igazolja, hogy a hirtelen gyorsítások, fékezések és oldalirányú manőverek jelentős mértékben torzíthatják az útminőségre vonatkozó vibrációs jeleket. A Jelölt által kidolgozott detektálási és korrekciós eljárás gyakorlati szempontból is releváns, mivel valós közlekedési környezetben jelentkező problémára ad megoldást. Külön pozitívum, hogy a szerző a SHAP-alapú elemzések segítségével részletesen vizsgálja az egyes jellemzők hozzájárulását az osztályozási eredményekhez.

A dolgozat harmadik fontos eredménycsoportja annak igazolása, hogy a felfüggesztés közelében elhelyezett szenzorok releváns többletinformációt hordoznak az utastéri IMU érzékelőkhöz képest. A bemutatott eredmények szerint a több mérési hely alkalmazása érdemben javítja az osztályozási pontosságot és a rendszer robusztusságát. Ezt a megállapítást megfelelő statisztikai elemzésekkel és feature importance analízissel támasztja alá.

A kutatás során alkalmazott módszerek korszerűek és tudományosan megalapozottak. A Jelölt széles körben alkalmaz modern adatfeldolgozási és gépi tanulási módszereket, köztük PCA-t, Random Forest osztályozást, SVM modelleket, klaszterezési eljárásokat és SHAP-alapú interpretációs technikákat. Az eredmények kiértékelése során megfelelő statisztikai mutatókat használ, és az egyes módszerek paraméterválasztását is indokolja. A mérési adatbázis mérete és diverzitása megfelelőnek tekinthető, különösen annak fényében, hogy a mérések több különböző járművel és eltérő útviszonyok között történtek.

A publikációs háttér erősnek tekinthető. A Jelölt kutatási eredményeit több nemzetközi folyóiratban és konferencián publikálta, köztük Q1-es és Q2-es besorolású folyóiratokban megjelent közleményekkel is rendelkezik. A dolgozat fő téziseihez közvetlenül kapcsolódó publikációk egyértelműen azonosíthatók, és a publikációs tevékenység jól tükrözi a kutatás fokozatos fejlődését. A publikációs lista alapján a Jelölt aktívan részt vett a terület nemzetközi tudományos diskurzusában.

A dolgozat formai és nyelvi szempontból is megfelelő színvonalú. Az ábrák és táblázatok informatívak, jól szerkesztettek és megfelelően támogatják a szöveg értelmezését. A dolgozat tagolása áttekinthető, a hivatkozások szabályosak és relevánsak.

Összefoglalva: a dolgozatot kiforrott, tudományosan értékes és gyakorlati szempontból is releváns kutatási munka eredményének tartom. A Jelölt a korábbi bírálatban tett észrevételek jelentős részét megfelelő módon kezelte, és a módosítások egyértelműen javították az értekezés minőségét.

A dolgozat összes tézispontját elfogadom értékes új tudományos eredményként, és a Jelölt számára a PhD cím odaítélését javaslom.

Budapest, 2026. május 21.

.....

Dr. Kronome Gergely