



Съфинансирано от
Европейския съюз



ПРОГРАМА
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТ И
ИНОВАЦИИ В ПРЕДПРИЯТИЯТА

**Семинар по проект „Интелигентно зелено измерване и анализ на
разделно събирани отпадъци“
на тема
„Физическо моделиране на система за повдигане с използване на
хидравлично налягане и инерциални измервателни сензори“**

Договор: BG16RFPR001-1.001-0012-C01

Бенефициент: ИНТЕЛИКС ИНЖЕНЕРИНГ ООД

Дата на провеждане: 20.04.2026

Място на провеждане: on-line

Докладчик: Михаил Муков, Интеликс инженеринг

Участници:

Михаил Муков - Интеликс инженеринг

Дамян Калагларски - Интеликс инженеринг

Стефан Влаев - Интеликс инженеринг

Иво Бонев - Интеликс инженеринг

проф. дмн Огнян Кунчев - Институт по математика и информатика, БАН

гл. ас. д-р Георги Симеонов - Институт по математика и информатика, БАН

гл. ас. д-р Добромир Кралчев - Факултет по математика и информатика,
Софийски университет

Йордан Тузсузов - Рочестърски технологичен институт, САЩ

проф. д-р Симона Василаче, департамент по компютърни науки, Университет
Цукуба, Япония



Абстракт на доклада:

Докладът представя система, която комбиниран сензор за налягане и инерциален модул, за да определи масата на товар, окачен към повдигащото рамо на хидравлична система.

Сензорът за налягане осигурява измерване, определящо повдигащата сила, а акселерометърът и жироскопът се използват за оценяване на движението на повдигащото рамо. Въз основа на тези измервания и на предварително калибриран модел се определя масата на товара.

Програма:

16:00-16:10 Откриване на семинара (проф. дмн Огнян Кунчев)

16:10-16:20 Представяне на Интеликс инженеринг, проекта и докладчика (Дамян Калагларски)

16:20-17:20 Изложение на доклада (Михаил Муков)

17:20-18:00 Отворена дискусия (всички участници)

Дискусия:

В дискусията след изложението на Михаил Муков, участниците обсъдиха и разясниха важни детайлите относно събирането и форматирането на данни:

Данните се събират в реално време от трите компонента на акселерометъра (a_x , a_y , a_z), трите компонента на жироскопа (g_x , g_y , g_z) и двата аналогови сензора за налягане (adc , $adc2$). CSV форматът позволява лесна обработка и анализ, както и възможност за верификация на качеството на данните.

Ъгълът на повдигащото рамо (Rotation angle) се определя от показанията на жироскопа и представлява ориентацията на повдигащото рамо в тримерното пространство. Този ъгъл е критичен за коректното преобразуване на показанията на акселерометъра.

Обсъдени бяха и различните подходи, опитани в хода на проекта за определяне на масата на товара - **линейна** регресия срещу **полиномна** регресия. Въпреки че са били проведени експерименти от екипа с полиномни регресии от по-висока степен, линейната регресия се оказа най-ефективна и надежна. Това се дължи на:



(1) по-висока стабилност при новите данни (по-лесно преобучаване), (2) лесно интерпретиране на коефициентите, (3) намаляване на сложността на модела, (4) изчислителна устойчивост и малка пропаганда на грешките.

Така коефициентите се определят чрез стандартна линейна регресия на калибровъчни данни, събрани от много повдигания с известни маси. Процесът на калибровка е **критичен** за точността на окончателния модел.

Очаквано, голямо внимание беше отделено на факторите за постигане на максимална точност на измерване. Необходимо е да имаме **добре калибриран камион** с включена температурна компенсация, за да постигнем точност, достатъчна за практически приложения в системите за управление на отпадъци. Хидравличното масло е чувствително на температурни промени, което влияе на динамичната вискозност и следователно на повдигащата сила при дадено налягане. Тази зависимост е включена в модела чрез температурна компенсация, което значително подобрява точността.

Семинарът разкри няколко интересни насоки за бъдещо развитие:

- Възможност за прилагане на по-сложни методи за **машинно обучение** (изкуствени невронни мрежи, случайни гори), което може да подобри точността при различни условия.
- Интеграция на допълнителни сензори (например **LIDAR** или **IR** сензори) за още по-точно определяне на позицията и движението.
- Разработка на **по-сложни модели**, които да отчитат нелинейната зависимост на хидравличния флуид от температурата и налягането.

Освен за конкретните цели на проекта в сметосъбирането, разработената система има значителен потенциал за приложение в:

- **Системи за мониторинг и диагностика:** Непрекъснатият мониторинг на хидравличните системи помага при ранното откриване на дефекти и предотвратяване на отказване на оборудването.
- **Автоматизирани производствени процеси:** Приложението на технологията се простира и към други хидравлични системи в производството и логистиката.

Семинарът демонстрира успешното разработване на интелигентна система за физическо моделиране, която комбинира теоретичния анализ с практическите приложения. Интегрирането на данни от различни сензори (налягане, ускорение, ъглова скорост) и тяхното обработване чрез хубав избор на математически методи позволява достигането на приемлива точност при разумни разходи.



Ключовите заключения от дискусията са:

- **Мултисензорния подход** е ефективен при детерминиране на физическите параметри на системата.
- Простите математически модели (**линейна регресия**) могат да бъдат достатъчни при правилна калибровка.
- **Температурната компенсация** е критична за работа в реални условия
- Интеграцията на такива системи в съществуващата промишленост е **технически изпълнима** и икономически оправдана.

Благодарения на високото качество на презентацията и дискусията, семинарът достави ценни знания и перспективи както на специалистите в областта на математическо моделиране и числените методи, така и на експерти от други области на науката.