



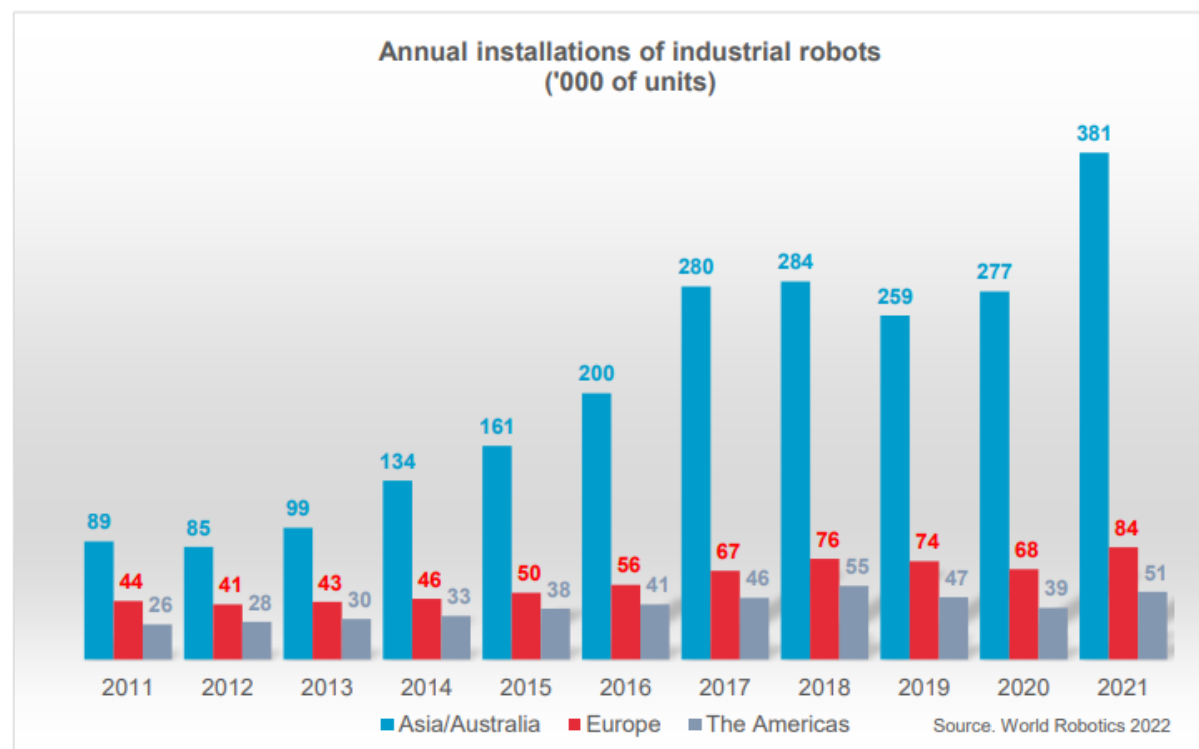
# ОБҐРУНТУВАННЯ, РОЗРОБКА ТА СИНТЕЗ ІННОВАЦІЙНОЇ ЕКОСИСТЕМИ РОБОТОТЕХНІКИ УКРАЇНИ НА БАЗІ ЛАБОРАТОРІЇ FABLAB MIRONAFT

Єгоров В.Б., д.т.н

Інститут прикладних систем управління НАНУ

П'ять основних ринків для промислових роботів – це Китай, Японія, США, Республіка Корея та Німеччина. На ці країни припадає 78% світових інтеграцій.

З 2013 року Китай є найбільшим у світі ринком промислових роботів 52% від загальної кількості інсталяцій у 2021 році.



Ключовими факторами що стримують розвиток індустрії робототехніки на сьогодні:

1. Механіка (вирішення проблем плавності рухів, люфтів, тертя, та ін);
2. Енергоефективність (компроміс між потужністю актуаторів та об'ємом акумуляторів);
3. Системи управління (недосконалість синтезу САУ та брак каналів зворотнього зв'язку).

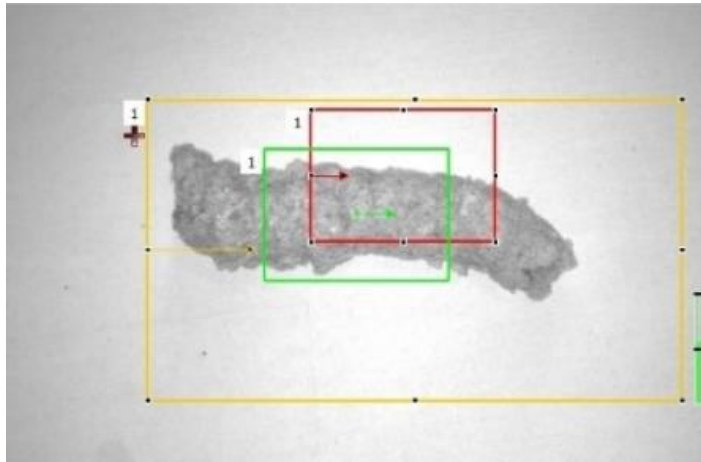
У загальному випадку, якщо задано дві безперервні однозначні функції  $\inf D_x = x^{\Gamma P^-}(t)$  та  $\sup D_x = x^{\Gamma P^+}(t)$ , то середнє число викидів траєкторії ВП  $x(t)$  з границь  $x^{\Gamma P^-}(t) < x(t) < x^{\Gamma P^+}(t)$  буде визначатися виразом:

$$N_s(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^-}, x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^+}, t_0, T) = N_s^-(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^-}, t_0, T) + N_s^+(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^+}, t_0, T) = \\ = \int_{t_0}^{t_0+T} dt \int_0^\infty \dot{\eta}(t) \left[ p(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^+}(t), \dot{x}^{\tilde{a}\tilde{\delta}^+}(t) + \dot{\eta}(t)) + p(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^-}(t), \dot{x}^{\tilde{a}\tilde{\delta}^-}(t) - \dot{\eta}(t)) \right] d\dot{\eta}.$$

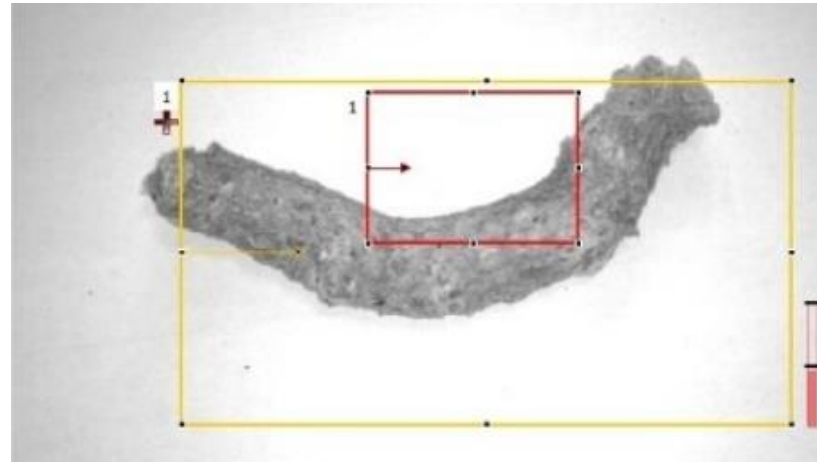
$$\hat{N}_s^\pm(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^\pm}, t_0, T_{\hat{e}\tilde{n}\tilde{o}}) = \int_{t_0}^{t_0+T_{\hat{e}\tilde{n}\tilde{o}}} \hat{n}_s^\pm(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^\pm}, t) dt = \int_{t_0}^{t_0+T_{\hat{e}\tilde{n}\tilde{o}}} \frac{\hat{\sigma}_{\dot{x}}(t)}{2\pi\hat{\sigma}_x(t)} \left(1 - \hat{r}^2(t)\right)^{1/2} \times \\ \times \exp\left(-\frac{1}{2} \text{sign} \Delta x \pm \left(\frac{x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^\pm}(t) - \hat{m}_x(t)}{\hat{\sigma}_x(t)}\right)^2\right) \exp\left(-\frac{1}{2} B^2(t) \pm \sqrt{2\pi} B(t) \hat{O}(\pm B(t))\right) dt, \\ \hat{P}_s(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^\pm}, t_0, T) = \exp\left\{-\hat{N}_s^\pm(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^\pm}, t_0, T)\right\} = \exp\left\{-\hat{n}_s^\pm(x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^\pm}, t_0, T_{\hat{e}\tilde{n}\tilde{o}}) \frac{\hat{O}}{\hat{O}_{\hat{e}\tilde{n}\tilde{o}}}\right\}, \\ \text{де } B(t) = \left(1 - \hat{r}^2(t)\right)^{-1/2} \left(\frac{\hat{m}_{\dot{x}}(t)}{\hat{\sigma}_{\dot{x}}(t)} + \text{sign} \Delta x \pm \frac{x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^\pm}(t) - \hat{m}_x(t)}{\hat{\sigma}_x(t)} \hat{r}(t)\right);$$

$$\Delta x^\pm = \begin{cases} x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^+} - m_x, N_s^+ \\ m_x - x^{\tilde{a}\tilde{\delta}^-}, N_s^- \end{cases};$$

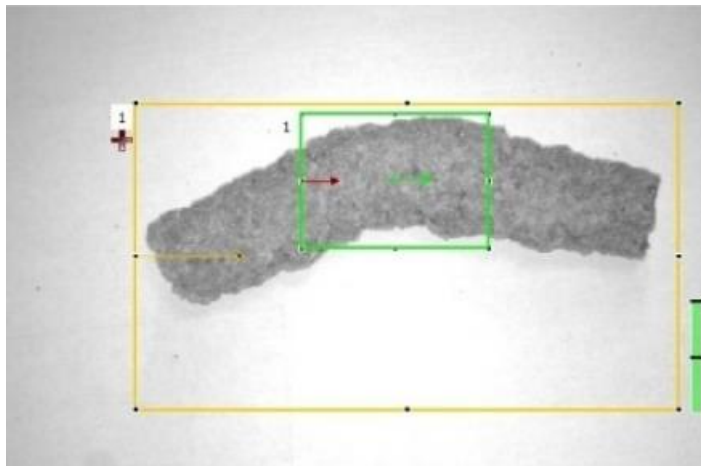
Результати досліджень на розпізнання складних полігональних структур в режимі квазі-реального часу (ТП виробництва біополімерів).



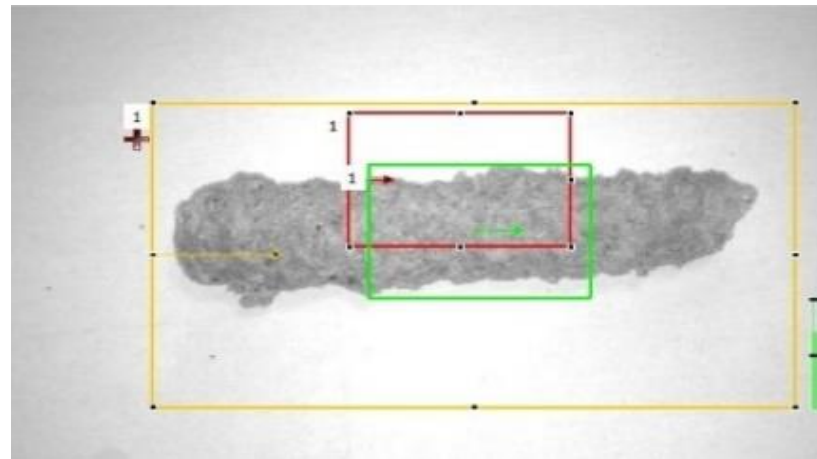
**№3 (Score 57,5)**



**№4 (Score 46,8)**

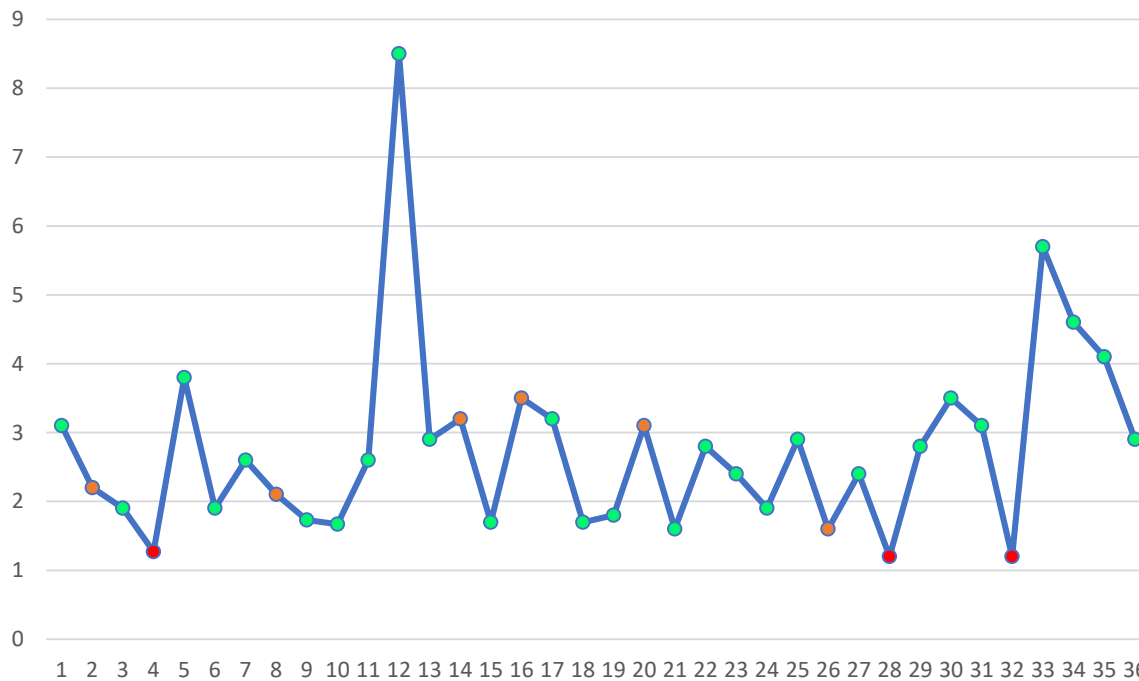


**№5 (Score 99,5)**



**№6 (Score 71,0)**

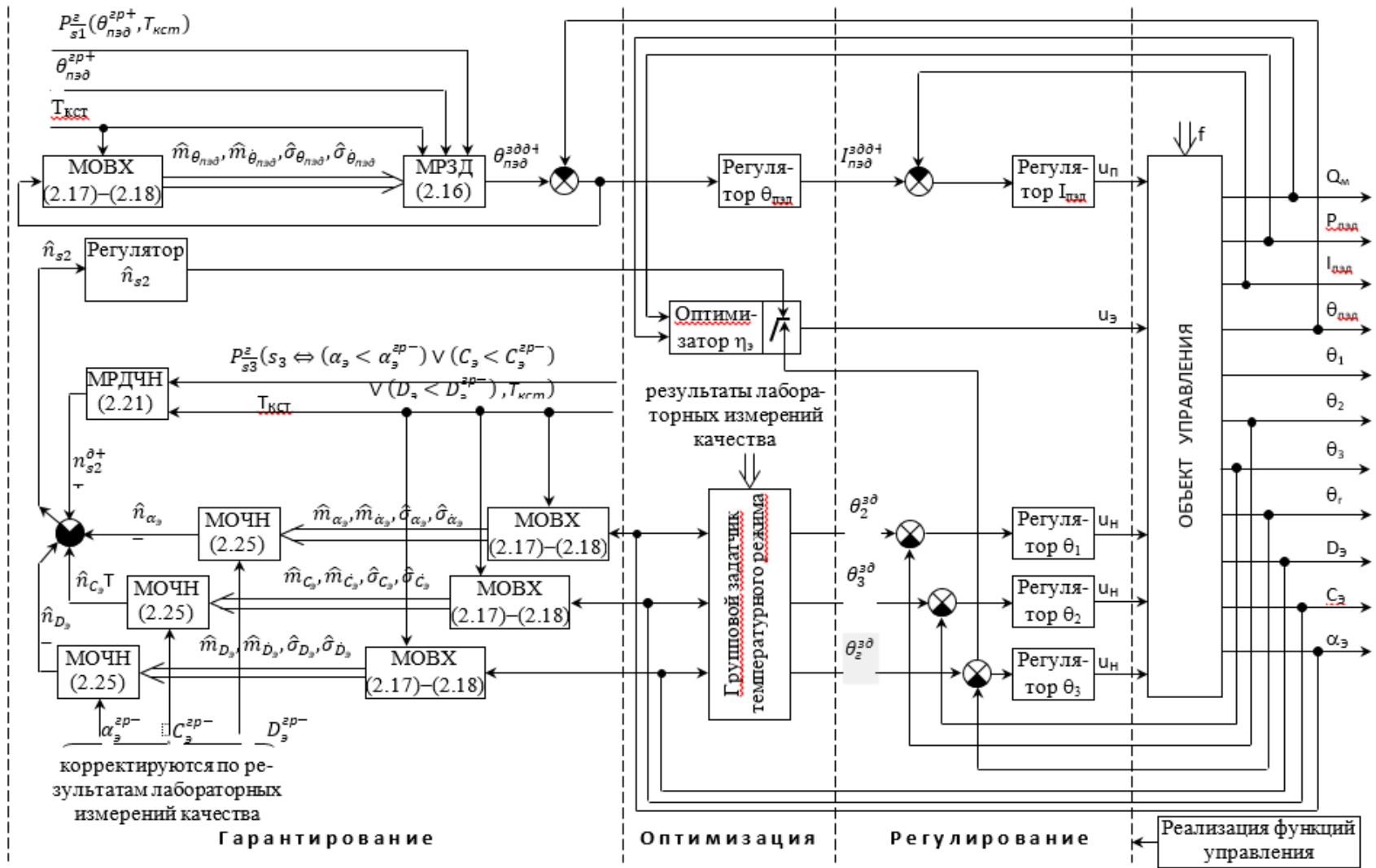
Результати досліджень на рівень кореляції даних отриманих класичним лабораторним шляхом у порівнянні отриманими новими каналами інформації.



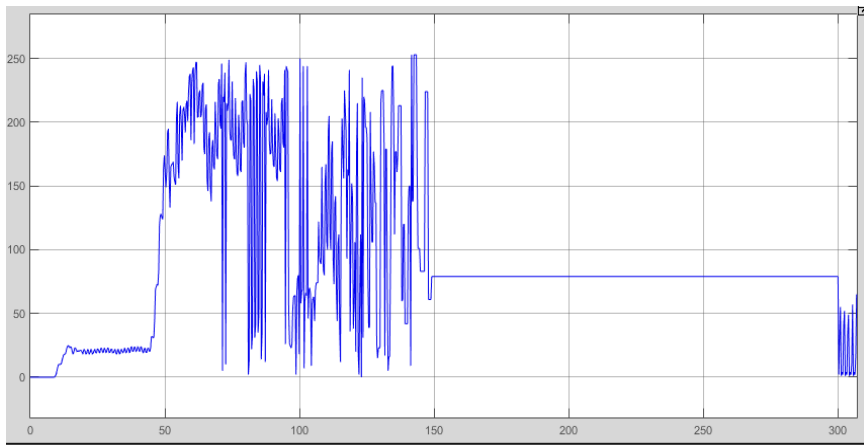
Невідповідність результатів за новим методом до класичного лабораторного наразі склав 18%

Коефіцієнт кореляції склав 0,85. Кореляційний аналіз проводився за методикою розрахунку коефіцієнту кореляції Пірсона

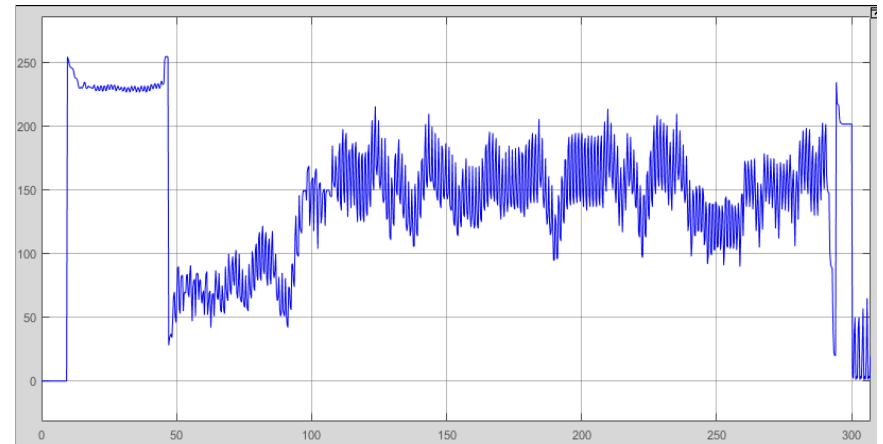
# Структурна схема САУ процесом ЕБП з використанням інформації з відеокамер інтегрованих в обладнання ТП (D<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>, λ<sub>3</sub>)



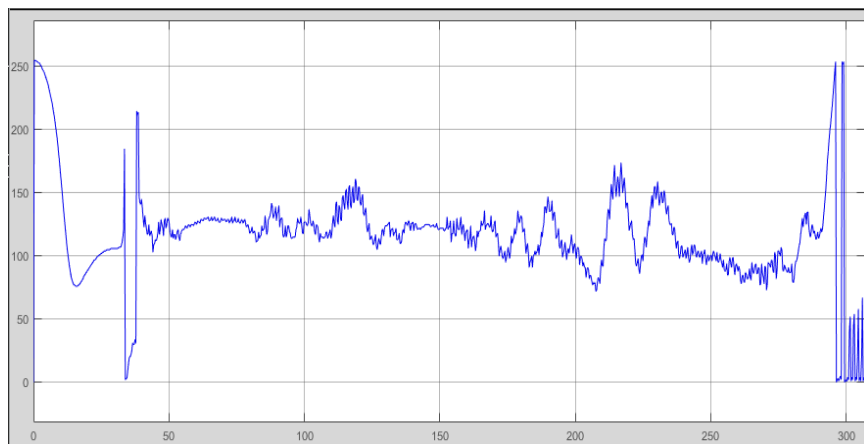
# Результати дослідження на відповідність коефіцієнту варіації отриманим від нового каналу інформації в порівнянні з лабораторними (окремо)



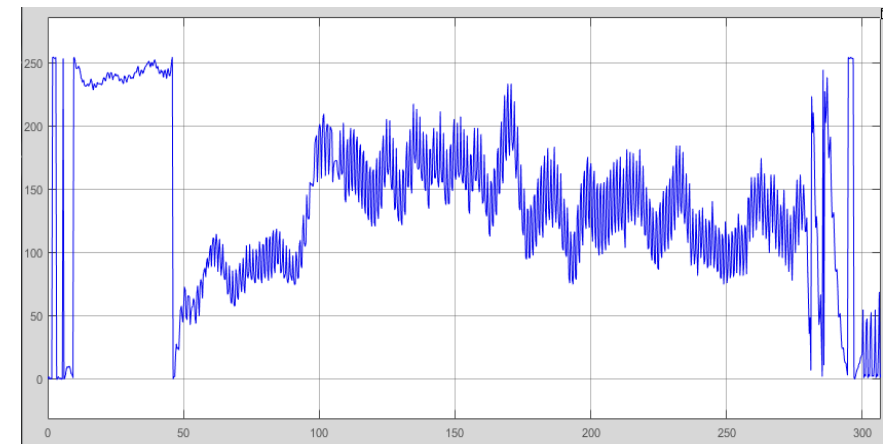
Навантаження датчику №1, дослід №2



Навантаження датчику №2, дослід №2

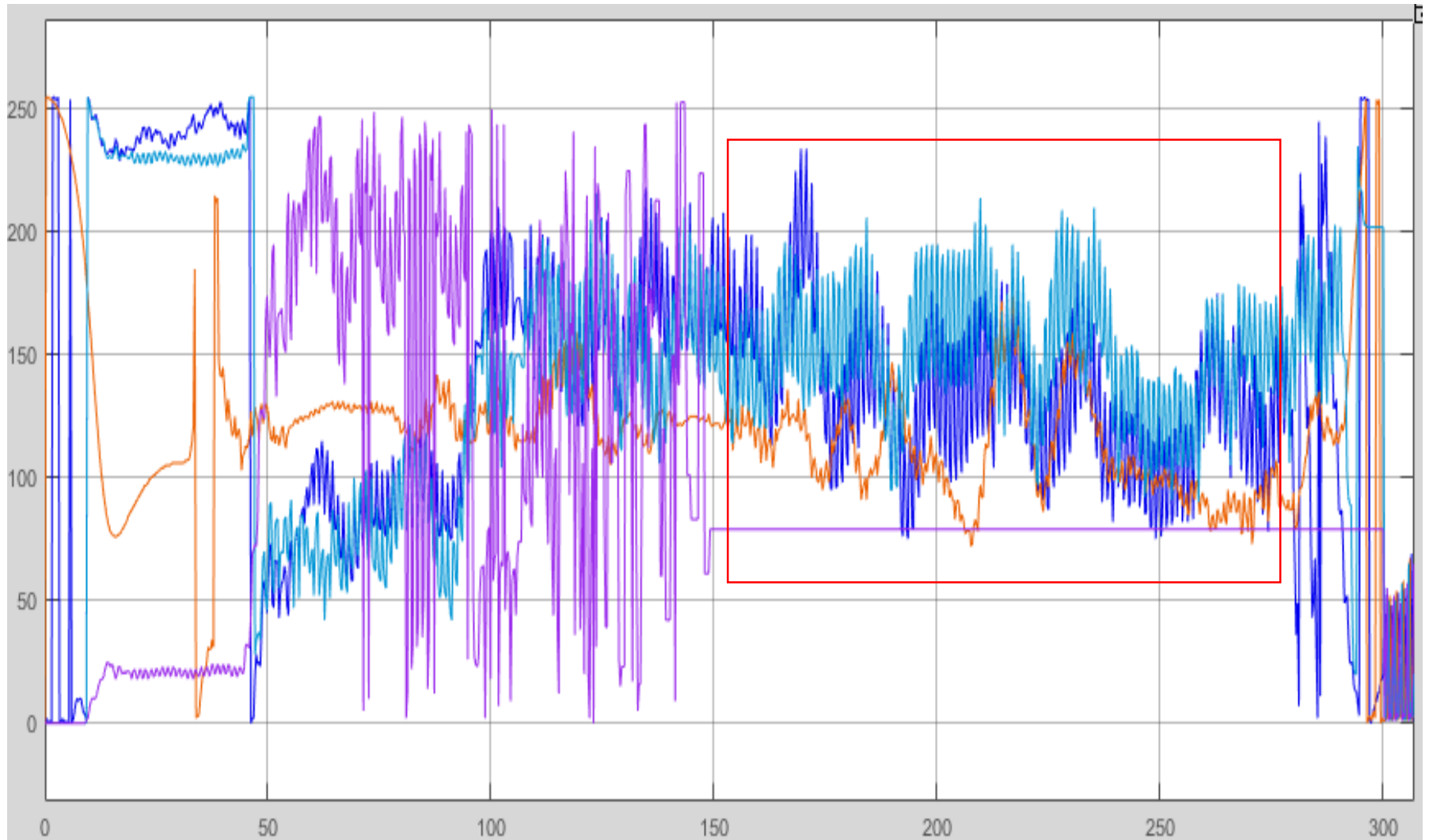


Навантаження датчику №3, дослід №2



Навантаження датчику №4, дослід №2

Результати дослідження на відповідність коефіцієнту варіації отриманим від нового каналу інформації в порівнянні з лабораторними (синхронізовані)





Нові критерії оптимальності для параметричної оптимізації систем автоматичного управління ТП, що базуються на засадах стабільності процесу:

○ Оцінка стабільності технологічного процесу

де  $D[x_i]_{\max}$  і  $D[x_i]_{\min}$  - максимальна і мінімальна дисперсії розподілення випадкової величини  $x_i$ ;  $\bar{x}$  - середнє арифметичне значення (математичне очікування);  $x\delta$  - середина поля допуску;  $\Delta$  - ширина поля допуску;

$\sigma$  - оцінка середньоквадратичного відхилення;  $\lambda$  - фактор стабільності неврахованої складової.

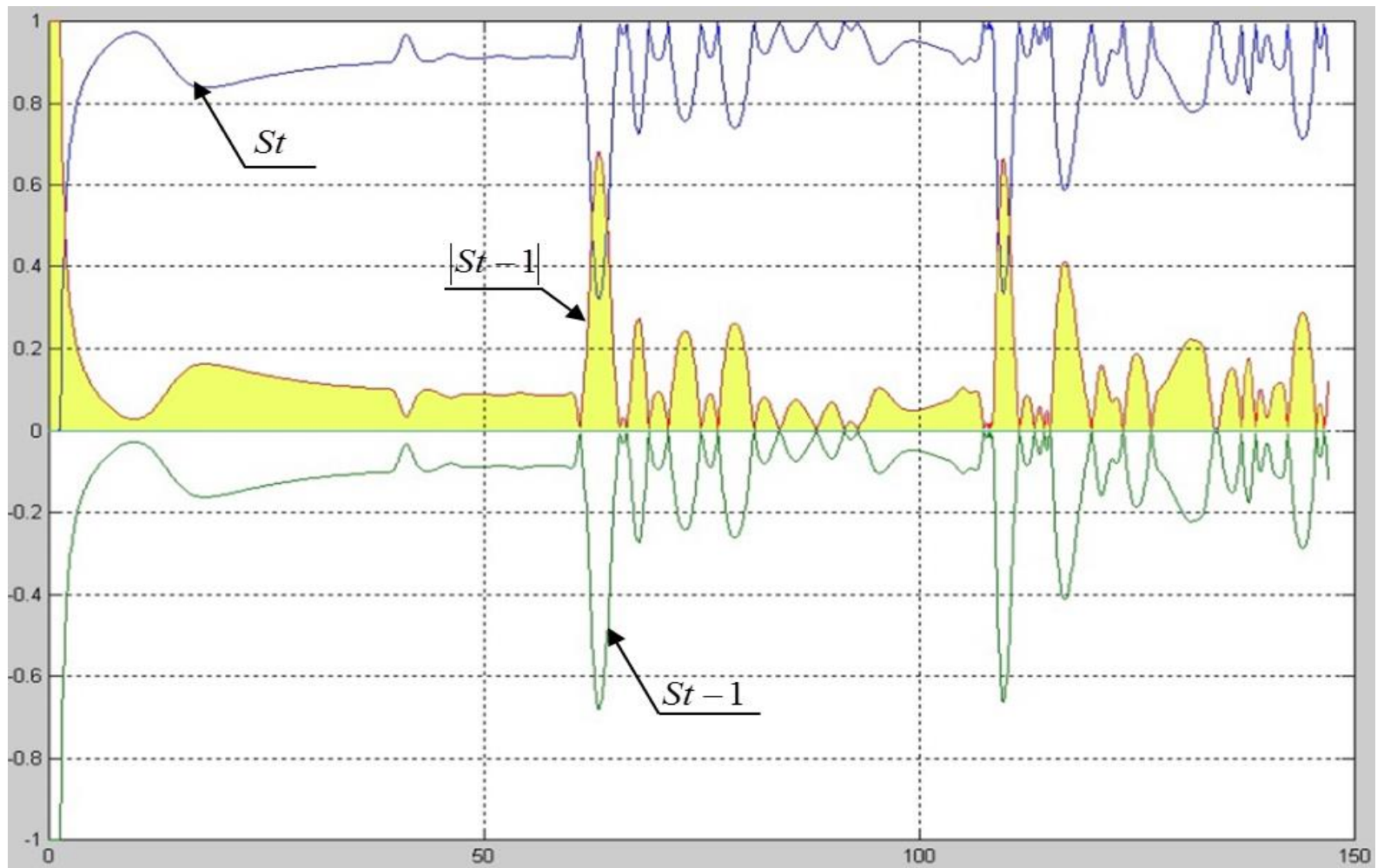
$$St = \frac{D[x_i]_{\min}}{D[x_i]_{\max}} \cdot e^{\frac{-|\bar{x}-x\delta|}{\Delta}} \cdot th\left(\frac{\Delta}{6\sigma}\right) \cdot \lambda;$$

- Відповідно біло запропоновано наступний інтегральний показник якості що враховує стабільність технологічного процесу:

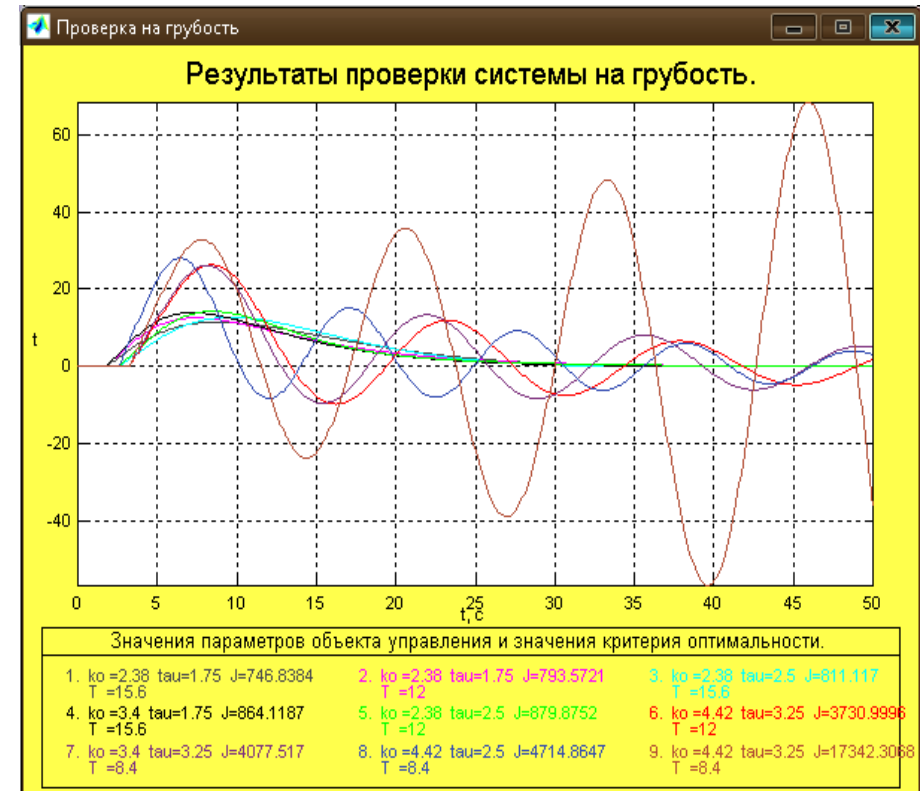
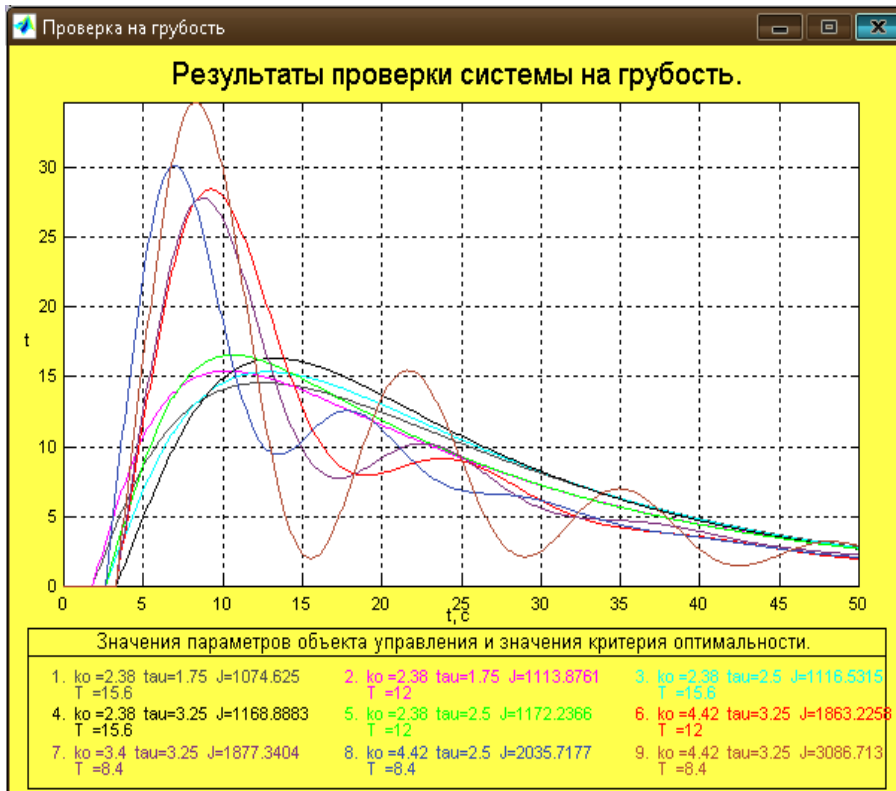
$$I_{St} = \int_0^{\infty} |St(t) - 1| dt \rightarrow 0;$$

$$y^{\alpha} \equiv y^* = \arg \min J_{St};$$

Нові критерії оптимальності для параметричної оптимізації САУ ТП, що базуються на стабільності процесу:



# Результати дослідження на робастність отриманих систем шляхом використання параметричного синтезу на основі нових критеріїв оптимальності від стабільності:



Комплект St разброс параметров ОУ +/- 30%

Комплект разброс параметров ОУ +/- 30%

Акцентами в роботі за напрямом робототехніки для протезування:





## Результати впровадженнь новітніх систем управління мобільними роботами:



- Розробка програмного забезпечення зі штучним інтелектом для розпізнання безпілотників по зображенню та визначення відповідних координат;
- Роботизована турель для посилення ППО проти дрібних низько літаючих цілей;
- Багатофункціональна мобільна робототехніка (тактично-наступального характеру, для розмінування/замінування);





- Розробка системи наведення для FPV дронів після захвату цілі;
- Математичне моделювання мультиротерних систем вертикального зльоту з метою параметричної оптимізації контролерів кутових швидкостей;
- Аналіз зображення з камер в квазі-реальному часі із застосуванням штучного інтелекту та математичного аналізу зображень;



Процес дослідження кутів в процесі продувки гвинтів мультиротерних систем вертикального зльоту на дозвуковій аеродинамічній трубі (Харків)



1. Вперше обґрунтована та розроблена концепція гарантування високого рівня якості показників продуктивності сучасних комплексів виробництва шляхом інтеграції автоматичних пробовідбірників в уніфіковані отвори дискретного контролю якості відбором проб для лабораторного аналізу;
2. Вперше обґрунтовано та розроблено метод контролю параметрів технологічних процесів виробництва біополімерів із застосуванням додаткового каналу інформації для систем автоматичного управління технологічним процесом через візуальний контроль паттерну готового продукту спеціалізованою відеокамерою технічного зору;
3. Вперше обґрунтовано та розроблено метод контролю параметрів технологічного процесу змішування сипучих речовин із застосуванням додаткового каналу інформації для систем автоматичного управління технологічним процесом змішування шляхом використання інформації про рівномірність динамічних характеристик навантаження на окремих робочих органах змішувача;
4. Для забезпечення діагностування та забезпечення надійності АСК автором вперше було обґрунтовано та розроблено новий критерій оптимальності для параметричної оптимізації систем автоматичного управління технологічними процесами, що базуються на засадах стабільності процесу;
5. В результаті багаточисельних впроваджень наведених вище інновацій та синергетичного ефекту від цих імплементацій вдалось вперше обґрунтувати, розробити і впровадити новий підхід до організації deeptech екосистеми.



Впровадження результатів:



Партнери:

