

Національний університет харчових технологій

Автоматизоване управління складними технологічними об'єктами з використанням статистичних методів та нейро-нечітких регуляторів

Доповідь підготували : Кільмар Я.С.
Безуглов А.О.

Огляд

Робота передбачає аналіз можливостей різновиду інтелектуальних та статистичних методів управління технологічними об'єктами. Розглянуто та проаналізовано ряд джерел, проведено імітаційне дослідження та аналіз переваг цих методів.

Висновки повинні окреслити переваги та можливості представлених методів у порівнянні з класичними. За допомогою цих методів належить спробувати, розробити та "наближено" оцінити переваги в управлінні складними об'єктами харчової промисловості.

Використання статистичних та інтелектуальних методів у довготривалій перспективі повинно дозволити управління реальними об'єктами з урахуванням збурень, зробити більш універсальними методи розробки та їх використання.

Існує ряд проблем в сфері розробки методів автоматизації

Проблеми синтезу систем управління

Інформаційні

- співвідношення кількості та якості;
- інтерпритація даних;
- перетворення, обробка інформації;
- доцільність, своєчасність застосування.

Математичні

- точність обчислень;
- складний математичний апарат;
- відсутність, наявного математичного розв'язку задачі.

Методологічні

- проблема вибору методології;
- індивідуальність задачі;
- час реалізації, апробації методу

Технічні

- недосконалість засобів вимірювання;
- збої, вплив ЕМ-поля;
- застарілість обладнання;
- недостатня точність.

Причина використання, користь промисловості від данного роду досліджень

Статистичні методи:

- забезпечення стабільності в об'єктах зі складними зв'язками (внутрішніми перехресними і зовнішніми від збурень);
- виявляють статичні та динамічні властивості процесів;
- дозволяють отримати додаткову інформацію про параметри, про їх взаємозалежності;
- можливість прогнозування стану та поведінки об'єктів.

Нейро-нечіткі мережі:

- властивість навчатися;
 - розподіленість(одночасність) обчислень;
 - різноманітність алгоритмів які вибираються для кожної задачі;
 - відкритість структури можливість підлаштовування параметрів;
 - математичний апарат, що не потребує складних обчислень.
-
-

Дескриптивний статистичний аналіз рядів спостережень

Передбачає визначення вибірових характеристик розподілення ряду, а саме:

- вибірове середнє:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

де X_n - ряд спостережень досліджуваної змінної;

- вибірову дисперсію:

$$D(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

середньоквадратичне відхилення (СКВ):

$$\sigma = \sqrt{D(x)}$$

коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

коефіцієнт асиметрії:

$$As = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \right) / \sigma^3$$

- коефіцієнт ексцесу:

$$Ex = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 \right) / \sigma^4 - 3$$

Якщо кількість членів порівняно мала ($n < 3\sigma$), то при обчисленні σ^2 в знаменник підставляється $(n-1)$ та уточнюються коефіцієнти асиметрії та ексцесу:

$$As = \frac{n-1}{n-2} As, Ex = \frac{\sqrt{n(n-1)}}{(n-2)(n-3) \left((n+1)Ex + 6 \right)}$$

Довірчі інтервали вибірового середнього обчислюються для 95, 99 та 99,9% рівнів

$$\Delta_{1\gamma} = (\bar{X} - t\sigma / \sqrt{n}; \bar{X} + t\sigma / \sqrt{n})$$

а величина t визначається за таблицею розподілення t -статистики, довірчі інтервали для СКВ тих же рівнів надійності визначаються за співвідношенням:

$$\Delta_{1\gamma} = (s(1-q); s(1+q)), \text{ при } q < 1$$

або

$$\Delta_{1\gamma} = (0; s(1+q)), \text{ при } q \geq 1$$

де: q - визначається за таблицею розподілення; q - статистики; s - оцінка СКВ.

Результат дескриптивного аналізу

- Можна оцінити такі гіпотези, як нормальність та незалежність рядів спостережень, що використовується при обробці результатів моніторингу. Наприклад, гіпотезу щодо нормальності даних. $H_0 \quad x \in N(E, \alpha)$
- Гіпотеза H_0 приймається, якщо $A_S \leq 3S_{A_S}; E_X \leq 5S_{E_X}; S_{A_S}, S_{E_X}$ - оцінки їх СКВ:

$$S_{A_S} = \sqrt{\frac{6n(n-1)}{(n-2)(n+1)(n+3)}} \quad S_{E_X} = \sqrt{\frac{24(n-1)^2}{(n-3)(n-2)(n+3)(n+5)}}$$

- Для перевірки незалежності та стаціонарності використовується медіанний критерій серій.
- Для рівня довіри гіпотеза $\alpha = 0,9 - 0,95$ щодо стохастичної незалежності спостережень H_0 відхиляється, коли порушується хоча б одна з умов: ,

$$V > \frac{n+1-1,96\sqrt{n-1}}{2} \quad \tau_{max} < 3,3 \lg(n+1)$$

- де: V - кількість серій (послідовностей) спостережень, які розташовані над рівнем та нижче рівня медіани;
- τ_{max} - довжини найбільшої серії.
- В протилежному випадку вважається, що гіпотеза не протирічить початковим даним.

Контрольні карти

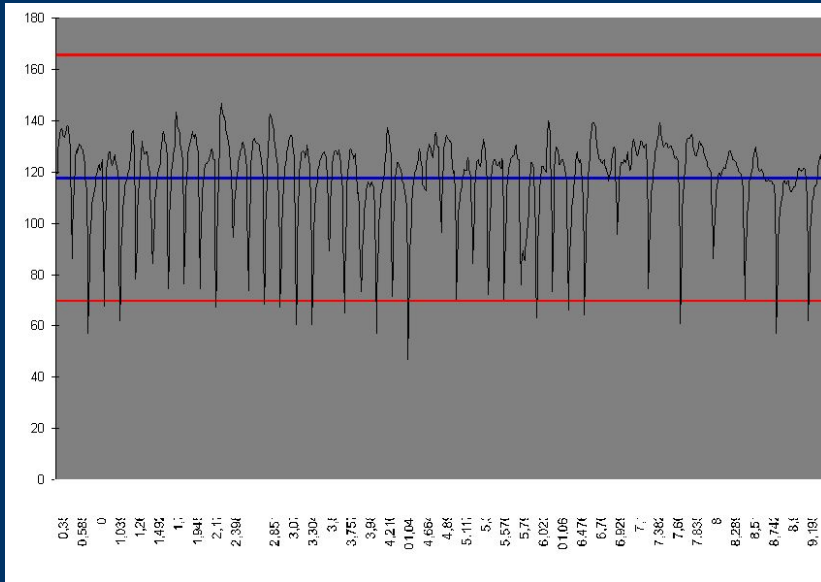


Рис 001 Контрольна карта витрат соку при Sigma=3

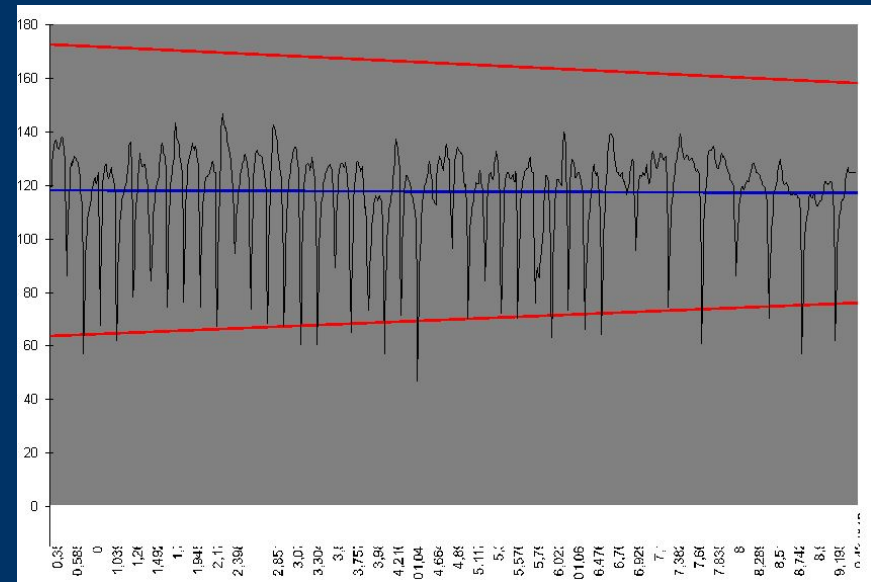


Рис. 002. Контрольна карта витрат соку (прогноз)

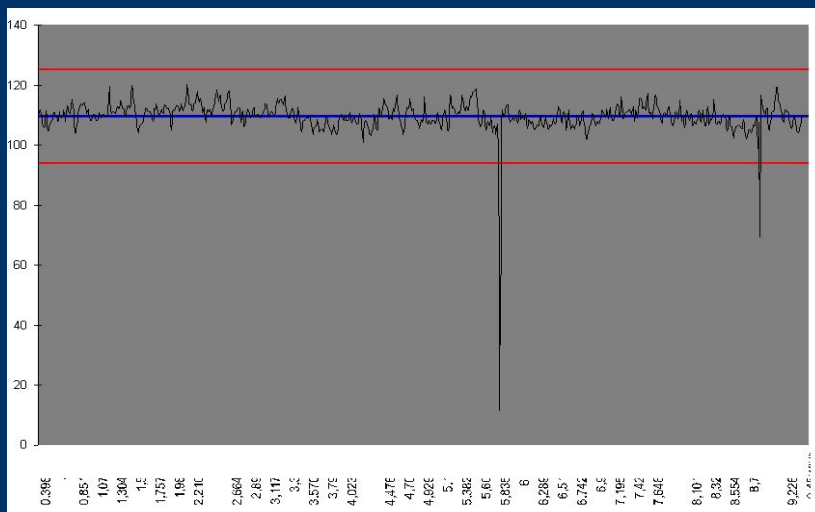


Рис. 003. Контрольна карта соку нештатна ситуація

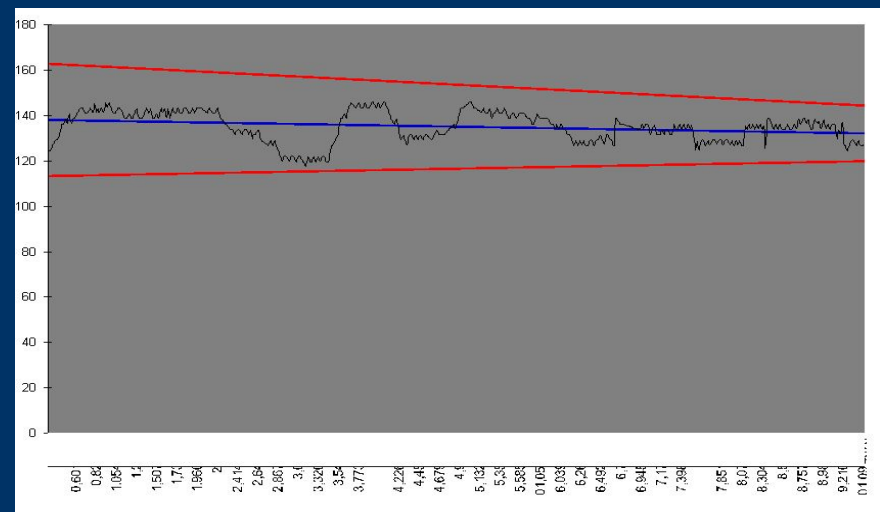


Рис. 004. Контрольна карта Шухарта витрати соку (прогноз)

Визначення ймовірної частки дефектної продукції при налагодженому стані технологічного процесу

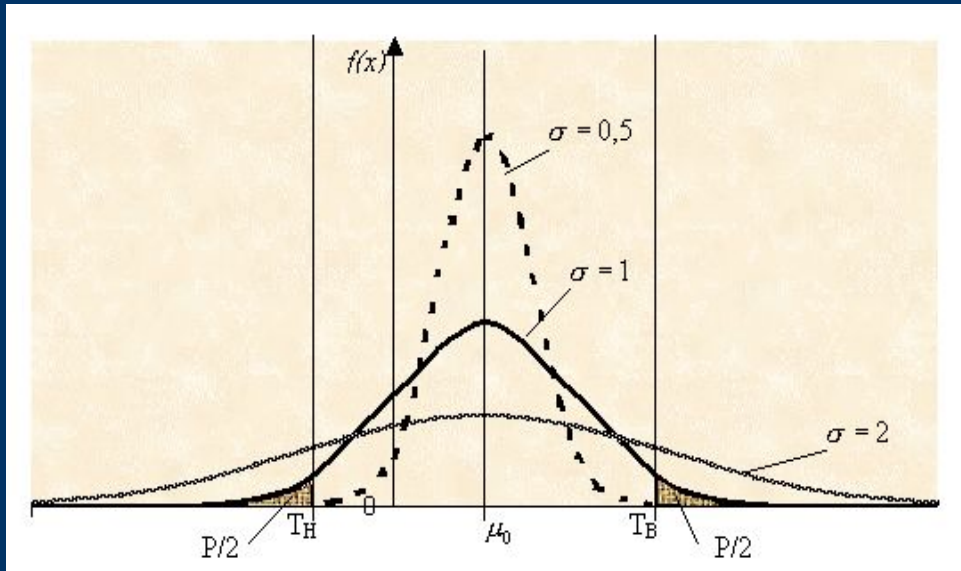


Рис.005. Крива щільності нормального розподілу

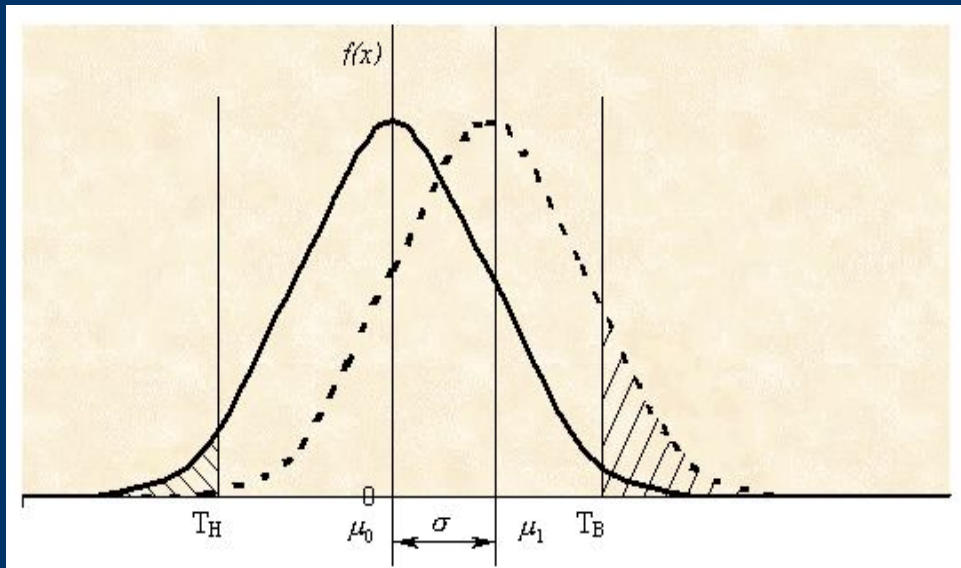


Рис.006. Зміна частки дефектної продукції при розладнанні процесу

- Частка придатної продукції визначається як ймовірність того, що випадкова величина X прийме значення в межах: $T_H - T_B$

$$q = P(T_H < X < T_B) = \Phi\left(\frac{T_B - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{T_H - \mu}{\sigma}\right)$$

- де $\Phi(x)$ - функція нормального розподілу; $P = 1 - q$ - частка дефектної продукції.

З формули (1) видно, що частка придатної продукції залежить від допуску, а також від значень μ і σ . Ясно, що чим більше буде поле допуску, тим більше буде частка придатної продукції, і навпаки, тим більшим буде значення μ , тим меншою буде частка придатної продукції і тим більшою буде частка дефектної продукції P .

- Якщо ми хочемо визначити частку придатної продукції при розладнанні виробництва, то слід в формулу (2) підставити значення μ_1 .
Вимагається при цих умовах визначити ймовірну частку дефектної продукції P , за формулою представленою нижче.

$$q = P(T_H < X < T_B) = \Phi\left(\frac{T_B - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{T_H - \mu}{\sigma}\right)$$

Нейро-нечітка модель управління температурним режимом дифузійної установки

- Багатозв'язний об'єкт із індивідуальними характеристиками режимів роботи управління та затримки.
 - Математичний апарат моделі висвітлює різноманітну інформацію, але повний її аналіз та контроль у реальному часі, класичними методами управління малоефективний.
 - За допомогою використання апарату інтелектуальних методів, дещо змінюються принципи аналізу та використання математичної моделі.
-
-

Технологічний об'єкт дослідження

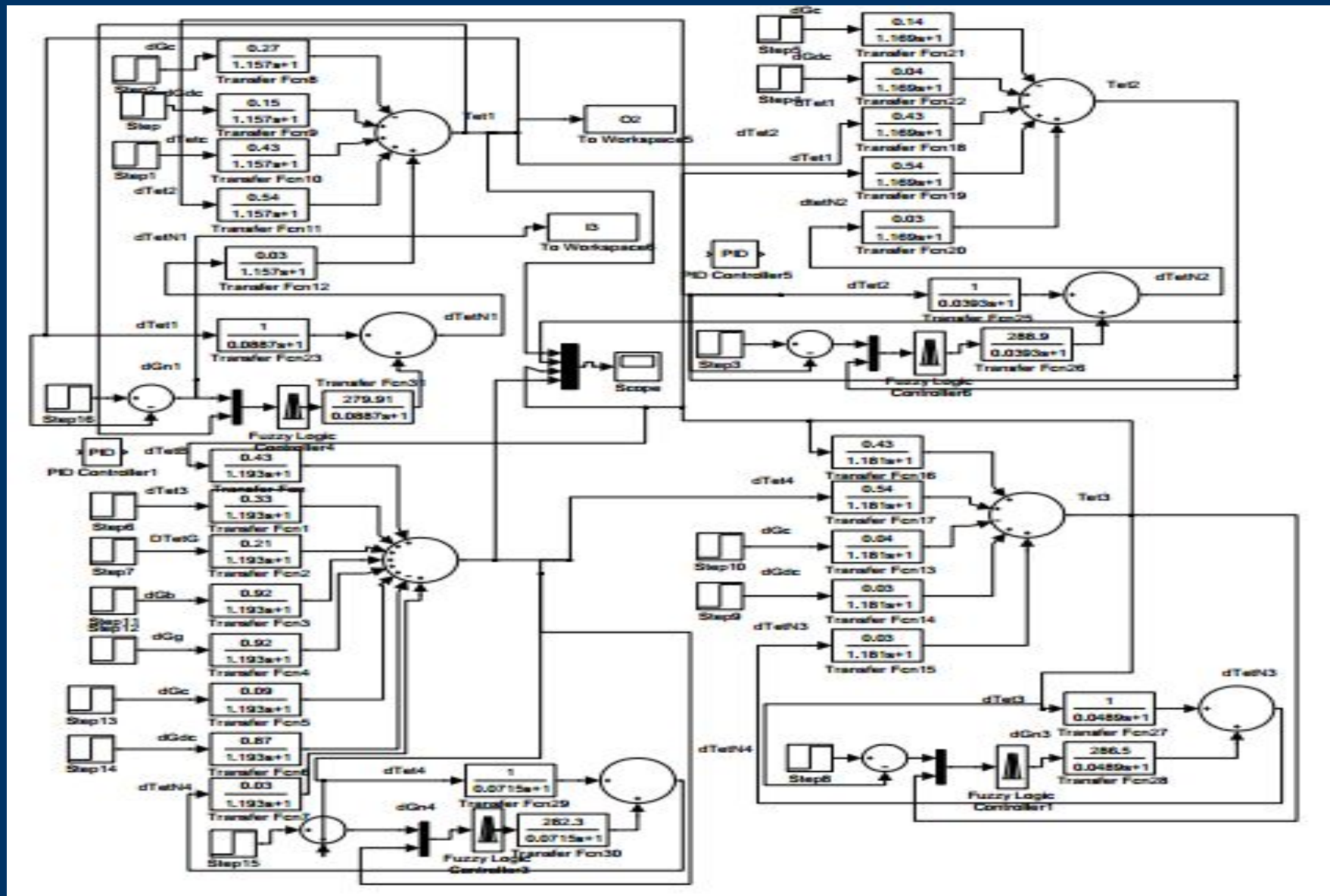


Рис.007. Представлення моделі похилого дифузійного апарату засобами MATLAB

Нейро-нечітке керування об'єктом на основі експериментальних даних та експертної оцінки

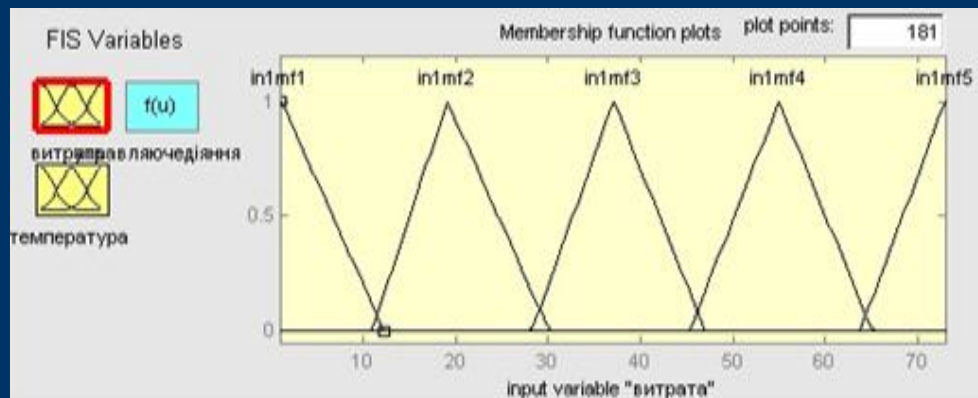


Рис.008 Нечіткі трикутні правила

П1: If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1)
then (output is out1mf1);
П2: If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2)
then (output is out1mf2)

що означає

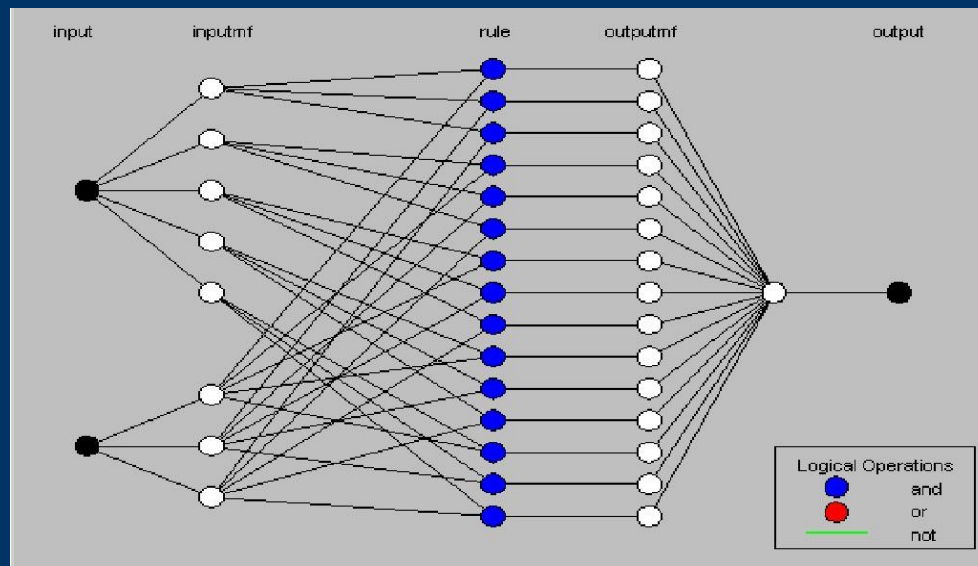


Рис.009 Структура нейро-нечіткої мережі

Якщо:
(вхідна змінна на 1 вході має функцію
приналежності 1) і
(вхідна змінна на 2 вході має функцію
приналежності 1)
то (вихідній змінній відповідає функція
приналежності 1).

Таблиця порівнянь, використання різнорідних регуляторів

	ПІД регулятор	Нейронний регулятор (мережа прямого розповсюдження)	Нейронечіткий регулятор (ANFIS структури)
Можливість дії в режимі без априорної моделі об'єкта	обмежена	існує, за умови наявної інформації про вхідні змінні	існує, з умовою складання бази правил, вибору та навчання нейромережі
Ефективність управління	низька	середня	достатньо висока
Обчислювальна здатність реалізованих алгоритмів управління	мінімальна	невисока	висока
Згладжування керуючого впливу	низької якості	високої якості	найкраща

Перехідні процеси у системі з регуляторами

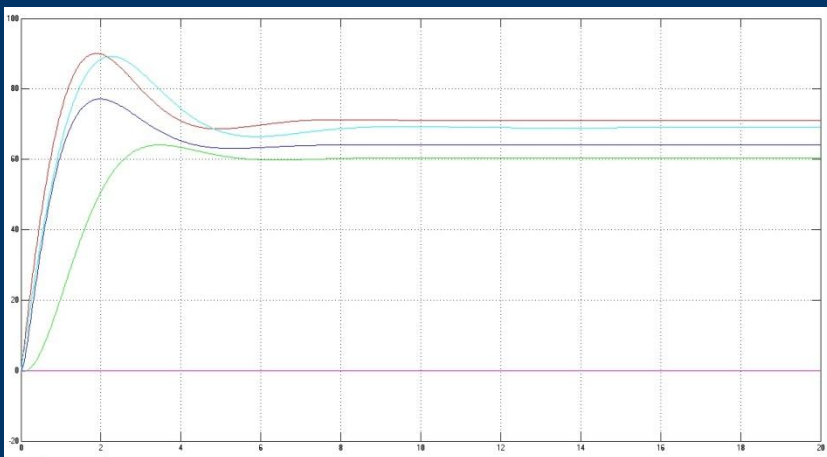


Рис.010 Перехідні процеси з ПІД регуляторами по 4х зонах апарату

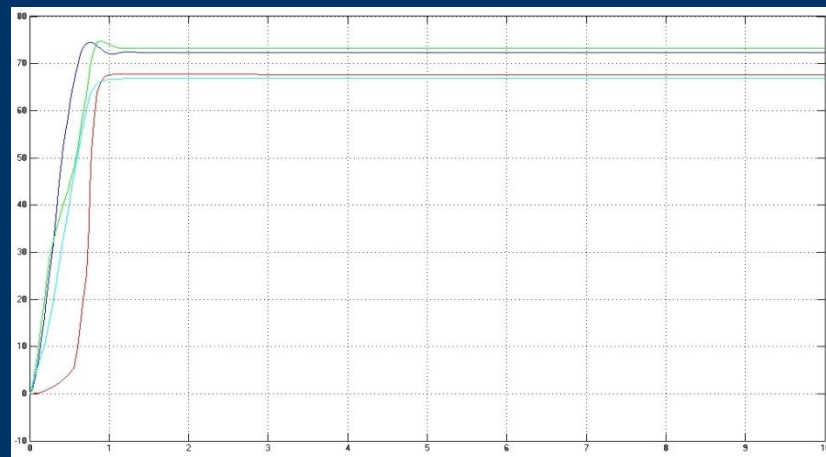


Рис.011 Перехідні процеси із нейро-нечітким регуляторами по 4х зонах апарату

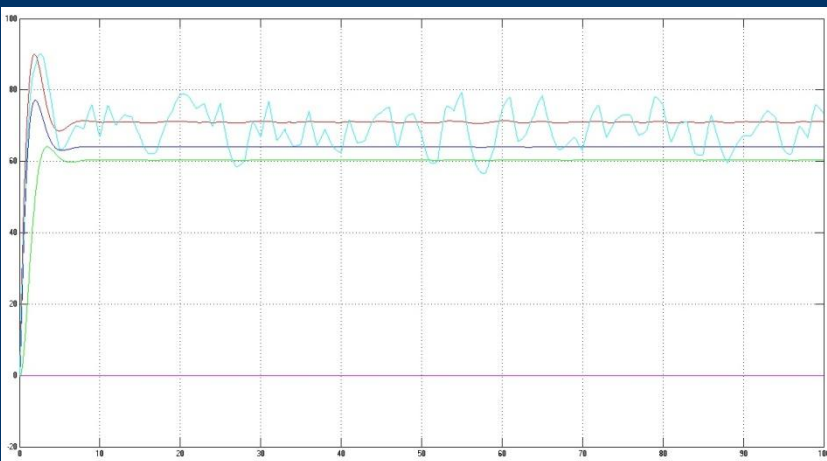


Рис.012 Перехідні процеси з ПІД-регуляторами зі стохастичним збуренням на одній з ділянок

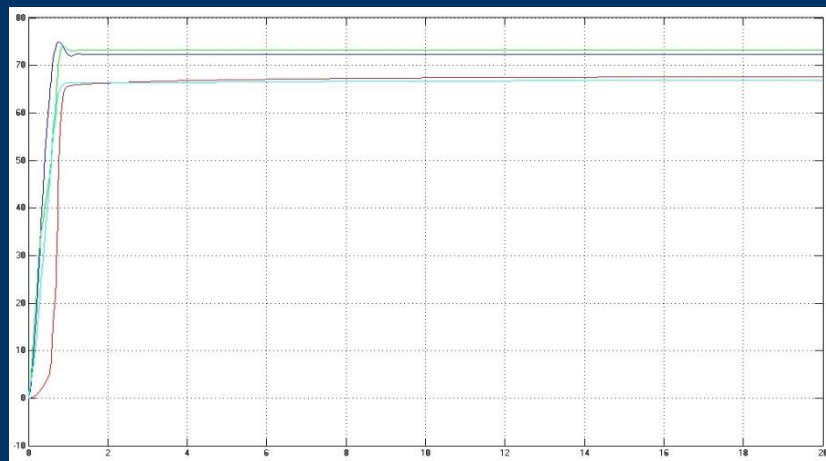


Рис.013 Перехідні процеси з нейронечітким регуляторами зі стохастичним збуренням на одній з ділянок

Синім кольором – I-ша , зеленим – II-га, червоним – III-тя та бірюзовим – IV-та ділянки

Основні висновки

Ефективне управління якістю виробничого процесу, вже мало можливе без застосування статистичних методів, здатних своєчасно, оперативно та об'єктивно відображати зміни в процесі. Нині статистичні методи, як основний аналітичний інструмент, так чи інакше застосовуються на 70% виробничих процесів з контролю якості та практично на всіх рівнях виробництва.

Методи нейро-нечітких систем розвиваються до такого рівня з великою швидкістю у багатьох галузях одночасно. Їх об'єднання, синтез різнорідних методологій управління.

Таким чином, розвиток сучасних методів, в тому числі описаних вище, нині не тільки активно розвиваються але і активно використовуються в напрямках науки та промисловості.
