

## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОМИЛОК В ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРІВ НА РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ БАГАТОСТАДІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ З ЛЮДИНО-МАШИНИМ УПРАВЛІННЯМ

*С.В. Сорокун, аспірант*

*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця*

*Поставлена загальна задача про моделювання багатадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням в умовах наявності помилок операторів. Побудована модель для вирішення цієї задачі, а також описано алгоритм реалізації та проведено імітаційне моделювання за умови, коли координатор виконує «усереднюючу» функцію.*

**Ключові слова:** багатадійний технологічний процес, оператор, координатор, помилка.

*Поставлена общая задача о моделировании многостадийных технологических процессов с человеко-машинным управлением в условиях наличия ошибок операторов. Построена модель для решения этой задачи, а также описан алгоритм реализации и проведено имитационное моделирование при условии, когда координатор выполняет "усредненную" функцию.*

**Ключевые слова:** многостадийный технологический процесс, оператор, координатор, ошибка.

### ВСТУП

Підходи, що ґрунтуються на концепції багатадійних технологічних процесів (БСТП), все частіше використовуються при моделюванні широкого кола виробничих процесів. Прикладами можуть слугувати процеси хімічного та нафтохімічного синтезу, атомна енергетика, літако-та автомобілебудування тощо.

Сьогодні зростає необхідність враховувати специфіку діяльності людини, яка проявляється при прийнятті рішень або на ключових стадіях, або ж при узгодженні стадій технологічного процесу між собою, що приводить до необхідності розглядати БСТП з людино-машинним управлінням (ЛМУ). Разом із тим поки що відсутній потужний апарат для моделювання одночасно особливостей як стадій технологічного процесу, так і діяльності операторів. Таким чином, задача моделювання БСТП з ЛМУ є сьогодні актуальною.

Моделювання БСТП розвинуто як потужний науковий напрямок у працях наукової школи професора В.М. Лисогора [1-3], розроблено потужні математичні моделі для опису БСТП, що дозволило отримати потужні засоби для підвищення ефективності широкого кола конкретних технологічних процесів [2,3].

Разом із тим і моделювання ЛМУ та оптимізації організаційних структур управління також тривалий час розвивається як самостійний підхід до моделювання [4,5]. При цьому оператори («агенти» в теорії активних систем [4,5]) є тотожними за своїми характеристиками, що, безумовно, не підтверджується практикою управління персоналом. До того ж підходи [4,5] не поширені на випадок БСТП.

Таким чином, задача про моделювання діяльності БСТП з ЛМУ залишається актуальною і сьогодні.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У сучасних БСТП використовуються автоматизовані системи управління, які не вимагають для прийняття рішень використання

спеціальних знань. Проявляється це в тому, що для контролю за стадією БСТП вони використовують інформацію у *символьному* вигляді: піктограми, кольори тощо. Оператор, спостерігаючи за цими показниками, узагальнює їх та сповіщає агреговану інформацію *координатору* – людині, яка здійснює управління БСТП в цілому.

Сучасні технології вимагають від оператора переважно не знань деталей процесів, якими він управляє, а швидше *способів* та *правил* для прийняття рішень за значеннями інтервалів декількох спеціальним чином вибраних параметрів, якими описується процес. Саме ця особливість діяльності операторів і надає можливість зіставити заданим інтервалам певних параметрів ті *символьні* значення, які слугують оператору *основою* для прийняття рішень.

Оскільки основною задачею оператора є прийняття рішень, то існує декілька каналів для генерації помилок. Перший – це помилки, зумовлені недостатньою кваліфікацією оператора: наприклад, коли він не встигає опрацювати інформацію за відведений для цього час. Другий – це помилки, які зумовлені неуважністю оператора: він може *відволіктися* та не помітити значення певного показника, він може *забути* значення одного із параметрів, з використанням якого йому потрібно приймати рішення, тощо. Нарешті, оператор може в різний час приймати *різні* рішення при одному й тому ж розподілі значень показників внаслідок різниці у його власному емоційному стані.

Помилки операторів передаються до координатора, який повинен прийняти рішення щодо всього БСТП на основі такої *нечіткої* інформації. Моделювання впливу наведених вище каналів помилок операторів на результат БСТП можливе лише при використанні нечіткої логіки [6].

Таким чином, виникає задача про моделювання впливу помилок у діяльності операторів на результативність БСТП з ЛМУ з використанням методів нечіткої логіки у прийнятті рішень.

#### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ

Формуємо множину первинних показників  $x_{sij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$  для визначення  $n$  функцій  $f_i$ , які є домінуючими для досягнення правильності результату. Математична модель набуває такого процесу:

$$X \xrightarrow{F} K, \quad X = (x_{ij}), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad K = (\kappa_s), \quad s = \overline{1, 3}. \quad (1)$$

$$F = F(f_1, f_2, f_3); \quad (2)$$

$$Op_1 = Op(x_{11} \dots x_{19}); \quad (3)$$

$$Op_2 = Op(x_{21} \dots x_{29}); \quad (4)$$

$$Op_3 = Op(x_{31} \dots x_{39}); \quad (5)$$

Функція відображення набирає вигляду (2)-(7), де  $Op_1$  - перший оператор;  $Op_2$  - другий оператор;  $Op_3$  - третій оператор.

Система організації інформаційних потоків зображена на рис. 1. Кожен оператор отримує інформацію від трьох пристроїв, узагальнює та на її основі приймає рішення, яке повідомляє координатору. Координатор

на підставі повідомленого йому рішення координаторів, знаючи, що воно є нечітким, приймає рішення щодо рівня виконання БСТП.

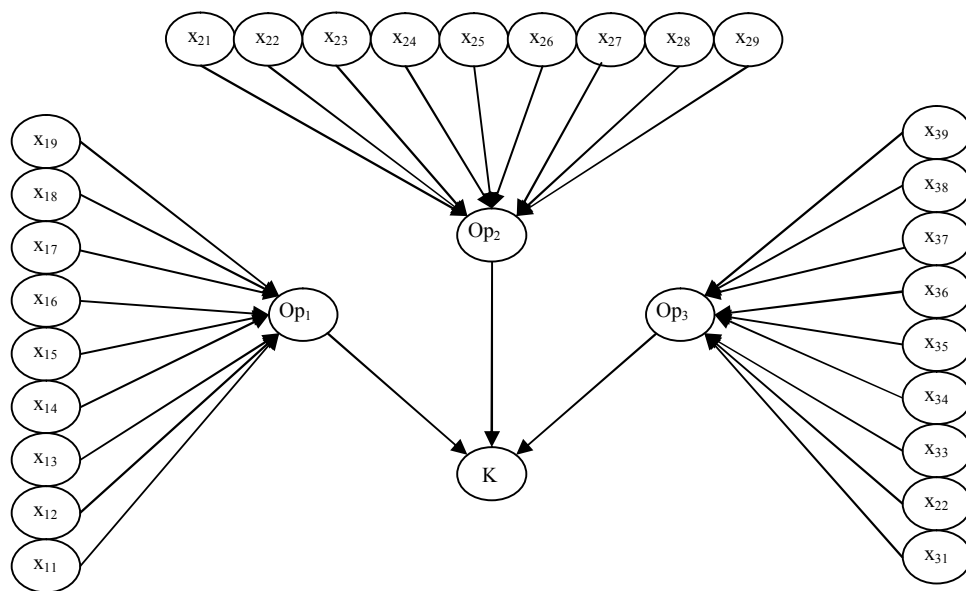


Рисунок 1 – Нечітка модель багата стадійного технологічного процесу з людино-машинним управлінням

Для оцінювання значень параметрів, отриманих оператором від пристроїв, що характеризують задану стадію БСТП, використовуємо шкалу лінгвістичних термінів: Н – низьке значення (0), С – середнє (1), В – високе (2). Оскільки для оцінювання значень функцій належності оцінювальних параметрів необхідно мати значення лінгвістичних термінів цих показників, то для якісних параметрів пропонується наступний підхід.

Розглянемо параметр  $Op_n$ , який відповідає лінгвістичним термам, що змінюються залежно від таких характеристик оператора, як його кваліфікація, досвід роботи, наявність відповідної освіти, емоційний стан (який визначається, наприклад, рівнем втоми тощо). Для обчислення параметра  $Op_n$ , де  $n$  – кількість операторів, що беруть участь у виконанні управлінням БСТП, можна використовувати, наприклад, алгоритм, блок-схема якого наведена на рис. 2.

Для координатора, який узагальнює повідомлені йому значення від операторів, множину вихідних параметрів  $K = (k_s)$ ,  $s = \overline{1, 3}$  визначаємо таким чином:  $y_1$  – високий рівень підготовки оператора (рівень 2);  $y_2$  – середній рівень підготовки оператора (1);  $y_3$  – низький рівень підготовки оператора (відповідно 0). Після оцінювання значень множини вхідних параметрів обчислюємо значення функцій їх належності. Для цього визначаються функції належності з ненормованими значеннями для кожного параметра окремо [6].

Графік функцій належності значень якісних параметрів лінгвістичним термам, тобто спосіб агрегування інформації координатором, для нашої задачі показано на рис. 3.

Математичні вирази, що описують таку функцію належності якісних параметрів:

$$\mu^H(x) = \begin{cases} 2, & x \in [0; 0,4], \\ \frac{2-x}{1,6}, & x \in (0; 2]; \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu^C(x) = \begin{cases} \frac{x}{1}, & x \in [0; 1], \\ \frac{2-x}{1}, & x \in (1; 2]; \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu^B(x) = \begin{cases} \frac{x}{1,6}, & x \in [0; 1,6], \\ 2, & x \in (1,6; 2]. \end{cases} \quad (8)$$

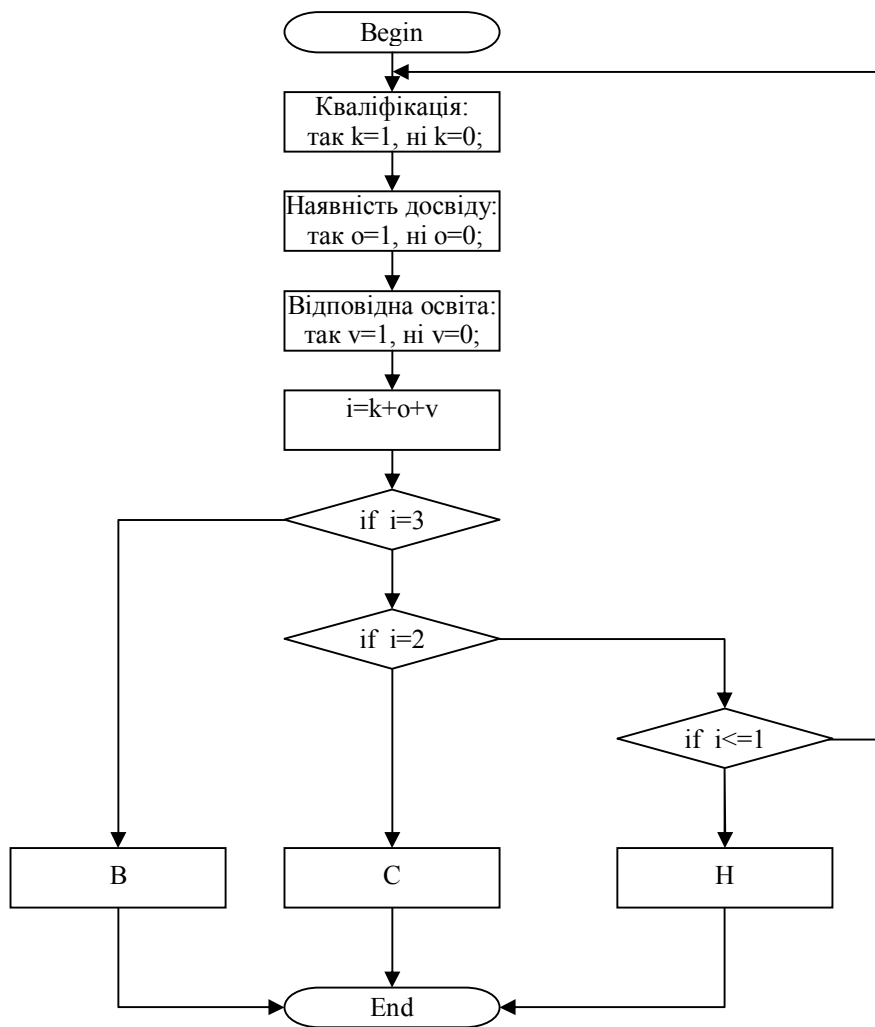


Рисунок 2 – Алгоритм визначення параметрів оператора

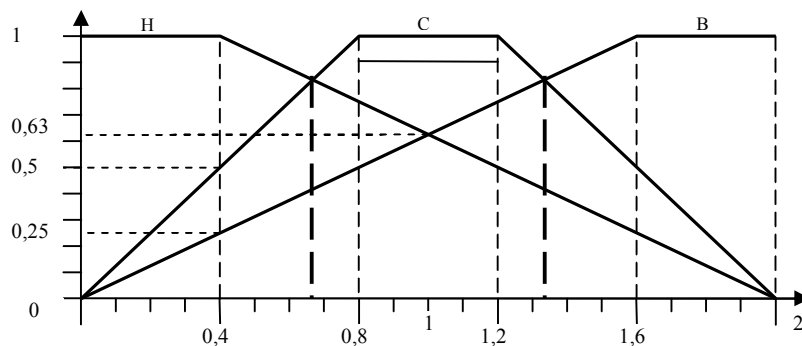


Рисунок 3 – Функція належності

Відповідні значення потрібних точок, зображених на рис. 3, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Значення точок перетину на рис. 3

	$\mu^H(x)$	$\mu^C(x)$	$\mu^B(x)$
H	1	0,5	0,25
C	0,63	1	0,63
B	0,25	0,5	1

Використовуючи стандартні вирази для суми нечітких множин [6], із рис. 3 знаходимо значення для лінгвістичних змінних, якими користується координатор у рамках нашої моделі:  $0 < H < 0,66$ ,  $0,66 < C < 1,33$  і  $1,33 < B < 2,0$ .

### ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Для того, щоб провести імітаційне моделювання, потрібно ще задати спосіб прийняття рішень кожним із операторів. Ця таблиця, по суті, буде визначати, як конкретний оператор *узагальнює-агрегує* значення трьох параметрів, які він дізнається, спостерігаючи діагностичні пристрої для своєї стадії БСТП.

У табл. 2 в рядку для відповідного оператора і відповідного номера реалізації ситуації наведено, як по-різному всі три оператори оцінюють одну й ту саму ситуацію – залежно від кваліфікації, досвіду роботи, наявності відповідної освіти, емоційного стану тощо.

Таблиця 2 - Приклад вибору узагальнення (агрегування) інформації операторами (матриця підсумовування)

№ пор.	Значення показників пристроїв контролю			$Op_1$	$Op_2$	$Op_3$
	0	0	0			
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	2	0	1	2
3	0	0	1	0	1	2
4	1	1	1	1	1	2
5	1	1	0	0	1	2
6	1	1	2	1	2	2
7	2	2	2	2	2	2
8	2	2	1	1	2	2
9	2	2	0	1	2	2

Всього можливо, як неважко побачити, 9 основних варіантів значень показників для трьох пристроїв. У рамках цієї моделі моделюється лише *сукупність трійки показників*, але не їх значення для заданого процесу (це приведе до більш складного вигляду табл. 2, але не до появи нових ефектів).

#### МОДЕЛЮВАННЯ ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ ТАКИМ ЧИНОМ

1 Вибирається спосіб агрегування інформації трійкою операторів, тобто вибирається і фіксується реалізація трьох останніх стовпчиків для табл. 2.

2 Записується послідовно 729 трійок чисел із набору  $N=1, \dots, 9$  (саме для них і сформована табл. 2). Наприклад, це буде (1,1,1), (1,1,2), ..., (9,4,7) тощо. Перший номер вказує на реалізації значення показників пристроїв контролю для першого оператора, другий – для другого і третій – для третього.

3 За табл. 2 визначається значення агрегованих показників для першого, другого і третього операторів відповідно. У результаті, наприклад, отримуємо такі трійки чисел: (1,1,1)→(0,0,0) або (9,4,7)→(1,1,2) тощо.

4 Моделюючи координатор як «усереднювач» результатів операторів, знаходимо середнє значення для всіх 729 реалізацій трійок чисел  $N$ . Наприклад, отримуємо відповідність (1,1,1)→(0,0,0)→0 або (9,4,7)→(1,1,2)→4/3 тощо.

5 Кожному із отриманих чисел ставимо у відповідність значення показника якості БСТП:  $0 < N$  (низька якість)  $< 0,66$ ,  $0,66 < C$  (середня якість)  $< 1,33$  і  $1,33 < B$  (висока якість)  $< 2,0$ .

У результаті отримуємо розбиття множини (a,b,c), де  $a, b, c \in 1, \dots, N$ , на три підмножини, перша з яких відповідає значенню показника якості БСТП  $N$ , друга –  $C$  і третя –  $B$ . В середині цих підмножин координатор не в стані розпізнати, яка саме ситуація мала місце на кожному з етапів. Результат імітаційного моделювання для умов нашої задачі і табл. 2 та «усереднювальної» функції координатора наведено на діаграмі рис. 4.

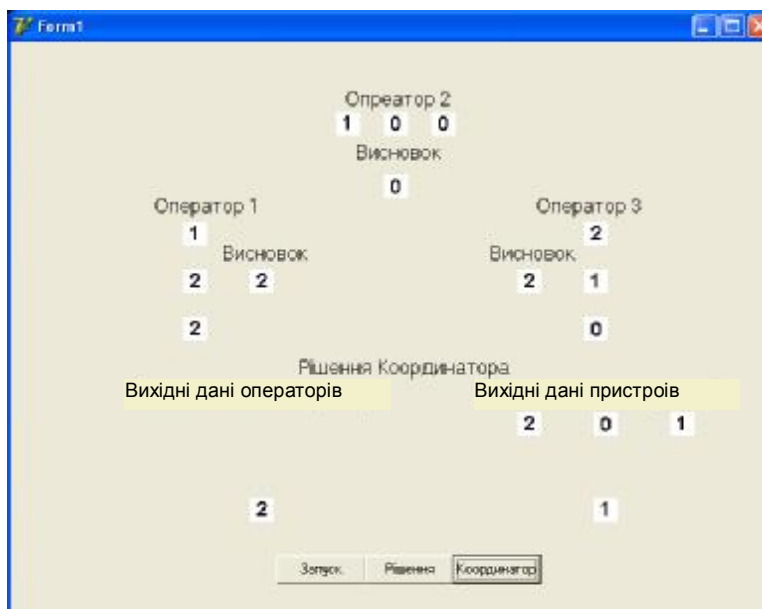


Рисунок 4 – Сортування множини станів етапів БСТП у множину станів якості виконання БСТП

Звичайно, здійснити таке сортування можна тільки з використанням комп'ютерних технологій та відповідного програмного забезпечення.

### ВИСНОВКИ

У статті поставлена загальна задача про моделювання багатостадійних технологічних процесів з людино-машинним управлінням в умовах наявності помилок операторів. Побудована модель для вирішення цієї задачі, у рамках якої наявність похибок операторів моделюється як випадковим вибором реалізації спроби агрегування показників про стан окремого процесу окремих оператором, так з використанням нечіткої логіки для координатора, який агрегує інформацію, отриману вже від операторів.

Описано алгоритм реалізації та проведено імітаційне моделювання за умови, коли координатор виконує «усереднюючу» функцію (усереднює значення показників, отриманих від окремих операторів з подальшим використанням нечіткої логіки).

Узагальнення на інші моделі як матриці переваг операторів і координатора (наприклад, вводячи «вагу значення характеристики» при агрегуванні для кожного із них) є очевидними.

*Автор дякує канд. физ.-мат. наук А.А. Шияну за корисні дискусії.*

### SUMMARY

#### DESIGN OF INFLUENCE OF ERRORS IN ACTIVITY OF OPERATORS ON EFFECTIVENESS OF SEQUENTIAL TECHNOLOGICAL PROCESSES WITH A CHELOVEKO-MASHINNYM MANAGEMENT

*S.V. Sorokun*

*Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa*

*A general task the design of sequential multistages technological processes (MSTP) with a man-machines management in the conditions of presence of errors of operators. Built model for the decision of this task, and also the algorithm of realization is described and an imitation design is conducted subject to condition, when a coordinator executes " middle " function*

**Key words:** *multistages technological processes, coordinator, operator, error,*

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Зубарев В.В. Моделирование различия стадий многостадийного технологического процесса / В.В. Зубарев, В.Н. Лисогор, Р.В. Селезнева // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1994. - №1. - С. 13-17.
2. Марущак В.Ю. Структурный синтез информационно-измерительной системы многостадийных динамических технологических процессов / В. Ю. Марущак. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1994. – 111 с.
3. Лисогор В.М. Моделі керування технологічними процесами в аварійних ситуаціях: монографія / В.М. Лисогор, Р.В. Селезньова. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1997. – 92 с.
4. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2007. – 584 с. ISBN 9875-94052-139-8.
5. Новиков Д.А. Математические модели формирования и функционирования команд. / Д.А. Новиков. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008.– 184 с. ISBN 9875-94052-146-0.
6. Пономарев А.С. Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решений: навчальний посібник / А.С. Пономарев. – Харків: НТУ «ХП», 2005. – 232 с. ISBN 966-383-3
7. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде. – М.: Мир, 1976.

*Надійшла до редакції 23 листопада 2009 р.*