

Логіко-лінгвістичне моделювання взаємозв'язку функціональних характеристик системи дрібносерійного виробництва з параметрами процесу складання

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Українська інженерно-педагогічна академія*

Розглянуто логіко-лінгвістичне моделювання характеристик системи дрібносерійного виробництва з параметрами процесу складання, яке в подальшому використовується при оптимізації організаційно-технологічної структури для підвищення ефективності складання та технологічної підготовки виробництва, що базується на спрямованому формуванні варіантів технологічних процесів складання і аналізі найбільш перспективних варіантів шляхом імітаційного тривимірного моделювання виробничого середовища.

Ключові слова: процес проектування складання, моделювання, організаційно-технічна і технологічна структура.

Сучасний етап розвитку світового виробництва характеризується різким підвищенням рівня автоматизації виробничих процесів. Автоматизацією охоплені не тільки сфери власне виробництва, але і все, що, в тій чи іншій мірі має до нього відношення, – сфера вивчення кон'юнктурних основ та оцінки соціальної доцільності випуску нових виробів, сфера наукового пошуку і дослідження, сфера конструкторської та технологічної підготовки виробництва, сфера організації та управління виробничим процесом, збут і зберігання матеріальних ресурсів та ін.

Тенденції розвитку сучасного виробництва, що полягають у безперервному збільшенні випуску виробів як за номенклатурою, так і за обсягом, призводять до неухильного росту питомої трудомісткості складальних операцій і, отже, до зростання потреб у виробничих площах і у збільшенні кількості робітників, що зайняті в складальному виробництві.

Продуктивність праці в складальному виробництві також опиняється залежною від суб'єктивних чинників, і її рівень має тенденцію періодичної зміни. Відповідно до цього потрібна корекція виробничих завдань і розроблення організаційно-технічних заходів для забезпечення необхідної тривалості щодо випуску продукції.

На сьогодні ці проблеми по-різному вирішують з використанням АСТПВ. Розробки в області САПР ТП складання сильно розрізнені, в цілому відсутня найбільш наближена до реальних проектування і виробництва системна концепція процесу проектування ТП складання в САПР.

Одним із шляхів подолання цієї проблеми є технологічна підготовка виробництва, яка базується на спрямованому формуванні варіантів технологічних процесів складання і аналізі найбільш перспективних варіантів шляхом імітаційного тривимірного моделювання виробничого середовища.

Логіко-лінгвістична модель процесу проектування складання дає, зрештою, опис тверджень технології в математичній формі за допомогою логічних функцій, що виражають технологічні взаємодії через класи відношень. Розглянемо властивості конструкції виробу, необхідні для вирішення задач автоматизації конструювання і проектування процесів складання.

Враховуючи роботи [1, 2, 3], розширимо базові визначення поняття «Система складання виробів»:

– вираз формально можна навести у вигляді твердження: об'єкти a_1 і a_2 спільні, тобто допускають створення загальної системи на цьому етапі складання:

$$Qt_1(a_1, a_2) | a_1 \leftrightarrow a_2, \quad (1)$$

де $|$ – зв'язка «тотожність», \leftrightarrow – зв'язка «еквівалентність»;

– об'єкт a_1 керує процесом утворення загальної системи з об'єктом a_2 , якщо характеристики об'єкта a_1 зумовлюють структуру і параметри об'єкта a_2

$$Qt_2(a_1, a_2) | a_1 \rightarrow a_2, \quad (2)$$

– об'єкт a_1 містить у собі об'єкт a_2

$$Qt_3(a_1, a_2) | a_1 \overset{v}{\rightarrow} a_2, \quad (3)$$

де $\overset{v}{\rightarrow}$ – зв'язка «містить в собі»;

– об'єкт a_2 йде за об'єктом a_1

$$Qt_4(a_1, a_2) | a_1 \prec a_2, \quad (4)$$

де \prec – зв'язка «ранжування»;

– об'єкти a_1 і a_2 тотожні в сенсі тих функцій, що вони реалізують

$$Qt_5(a_1, a_2) | a_1 = a_2, \quad (5)$$

– відношення, що описується предикатом Qt_i , є властивістю об'єкта a_1 — (Pt_i) , якщо в двомісному предикаті Qt_i у якості аргументів використовують один і той же об'єкт:

$$Pt_i(a_1) | Qt_i(a_1, a_2) \wedge 1 \leq i \leq 4. \quad (6)$$

Для ідентифікації процесу оброблення необхідно задати початкові умови, що визначають стан системи складання Y^0 в момент часу $t=0$, а так само необхідно описати структури технологічних процесів x_t^0 , що запускаються на виконання в моменти часу $t=1-s, 2-s, \dots, 0$. Тоді розвиток процесу оброблення у момент часу t можна описати декартовим множенням $Y_{t-1} \times X_{t-s} \times \dots \times X_t$, яке формується на основі відношень між предметами x_1, \dots, x_8 (табл.).

Твердження 1. Кожен елемент СДЗ СМВР (x_j) має хоча б одну властивість (Pt_n) :

$$\bigvee_{j=1}^J x_j \exists_{n \in I} Pt_n [Pt_n(x_j) \in X_{ГПС ОМР}], \quad (7)$$

де $X_{СДЗ СМВ}$ – множина властивостей СДЗ СМВ;

$J = 8$ – кількість елементів моделі СДЗ СМВ;

$I = 5$ – кількість базових тверджень (1) – (4);

$\bigvee_{j=1}^J x_j$ – предикат загальності «для усіх x із множини J існує ...»;

$\exists_{n \in I} Pt_n$ – предикат існування «знайдеться хоча б один P із множини I , для якої існує ...».

Формальный опис зв'язків у СДЗ

Позначення предмета - a ₁ /a ₂	Ім'я і позначення предмета							
	СДЗ – x ₁	ТС – x ₂	СС – x ₃	Об'єкт складання – x ₄	Технологічна операція – x ₅	Технологічний процес – x ₆	Партія складання – x ₇	Траса переміщення ТС – x ₈
x ₁	Pt ₁ (x ₁) Pt ₂ (x ₁) Pt ₃ (x ₁) Pt ₅ (x ₁)	Qt ₁ (x ₂ , x ₁)	Qt ₁ (x ₃ , x ₁)	Qt ₁ (x ₄ , x ₁) Qt ₂ (x ₄ , x ₁)	Qt ₁ (x ₅ , x ₁) Qt ₂ (x ₅ , x ₁)	Qt ₁ (x ₆ , x ₁) Qt ₂ (x ₆ , x ₁)	Qt ₁ (x ₇ , x ₁) Qt ₂ (x ₇ , x ₁) Qt ₃ (x ₇ , x ₁)	Qt ₁ (x ₈ , x ₁) Qt ₄ (x ₈ , x ₁)
x ₂	Qt ₁ (x ₁ , x ₂) Qt ₂ (x ₁ , x ₂)	Pt ₁ (x ₂) Pt ₂ (x ₂) Pt ₅ (x ₂)	Qt ₁ (x ₃ , x ₂)	Qt ₁ (x ₄ , x ₂) Qt ₂ (x ₄ , x ₂)	Qt ₁ (x ₅ , x ₂)	Qt ₁ (x ₆ , x ₂)	Qt ₁ (x ₇ , x ₂) Qt ₂ (x ₇ , x ₂) Qt ₃ (x ₇ , x ₂)	Qt ₁ (x ₈ , x ₂) Qt ₄ (x ₈ , x ₂)
x ₃	Qt ₁ (x ₁ , x ₃) Qt ₂ (x ₁ , x ₃)	Qt ₁ (x ₂ , x ₃)	Pt ₁ (x ₃) Pt ₂ (x ₃) Pt ₃ (x ₃) Pt ₅ (x ₃)	Qt ₁ (x ₄ , x ₃) Qt ₂ (x ₄ , x ₃)	Qt ₁ (x ₅ , x ₃)	Qt ₁ (x ₆ , x ₃) Qt ₂ (x ₆ , x ₃)	Qt ₁ (x ₇ , x ₃) Qt ₂ (x ₇ , x ₃) Qt ₃ (x ₇ , x ₃)	Qt ₁ (x ₈ , x ₃) Qt ₂ (x ₈ , x ₃) Qt ₄ (x ₈ , x ₃)
x ₄	Qt ₁ (x ₁ , x ₄) Qt ₂ (x ₁ , x ₄)	Qt ₁ (x ₂ , x ₄) Qt ₃ (x ₂ , x ₄)	Qt ₁ (x ₃ , x ₄)	Pt ₁ (x ₄) Pt ₂ (x ₄) Pt ₃ (x ₄) Pt ₅ (x ₄)	Qt ₁ (x ₅ , x ₄) Qt ₂ (x ₅ , x ₄)	Qt ₁ (x ₆ , x ₄) Qt ₂ (x ₆ , x ₄)	Qt ₁ (x ₇ , x ₄) Qt ₃ (x ₇ , x ₄)	
x ₅	Qt ₁ (x ₁ , x ₅) Qt ₃ (x ₁ , x ₅)	Qt ₁ (x ₂ , x ₅)	Qt ₁ (x ₃ , x ₅) Qt ₃ (x ₃ , x ₅)	Qt ₁ (x ₄ , x ₅) Qt ₂ (x ₄ , x ₅)	Pt ₁ (x ₅) Pt ₂ (x ₅) Pt ₃ (x ₅) Pt ₄ (x ₅) Pt ₅ (x ₅)	Qt ₁ (x ₆ , x ₅) Qt ₂ (x ₆ , x ₅) Qt ₃ (x ₆ , x ₅)	Qt ₁ (x ₇ , x ₅)	
x ₆	Qt ₁ (x ₁ , x ₆) Qt ₂ (x ₁ , x ₆)	Qt ₁ (x ₂ , x ₆)	Qt ₁ (x ₃ , x ₆)	Qt ₁ (x ₄ , x ₆) Qt ₂ (x ₄ , x ₆)	Qt ₁ (x ₅ , x ₆) Qt ₂ (x ₅ , x ₆)	Pt ₁ (x ₆) Pt ₂ (x ₆) Pt ₃ (x ₆) Pt ₄ (x ₆) Pt ₅ (x ₆)	Qt ₁ (x ₇ , x ₆) Qt ₃ (x ₇ , x ₆)	
x ₇	Qt ₁ (x ₁ , x ₇) Qt ₂ (x ₁ , x ₇) Qt ₃ (x ₁ , x ₇)	Qt ₁ (x ₂ , x ₇) Qt ₂ (x ₂ , x ₇) Qt ₃ (x ₂ , x ₇)	Qt ₁ (x ₃ , x ₇) Qt ₂ (x ₃ , x ₇)	Qt ₁ (x ₄ , x ₇) Qt ₂ (x ₄ , x ₇)	Qt ₁ (x ₅ , x ₇) Qt ₂ (x ₅ , x ₇) Qt ₃ (x ₅ , x ₇)	Qt ₁ (x ₆ , x ₇) Qt ₂ (x ₆ , x ₇)	Pt ₁ (x ₇) Pt ₂ (x ₇) Pt ₄ (x ₇) Pt ₅ (x ₇)	
x ₈	Qt ₁ (x ₁ , x ₈) Qt ₂ (x ₁ , x ₈) Qt ₃ (x ₁ , x ₈) Qt ₄ (x ₁ , x ₈)	Qt ₁ (x ₂ , x ₈) Qt ₂ (x ₂ , x ₈) Qt ₃ (x ₂ , x ₈)	Qt ₁ (x ₃ , x ₈) Qt ₂ (x ₃ , x ₈) Qt ₃ (x ₃ , x ₈) Qt ₄ (x ₃ , x ₈)					Pt ₁ (x ₈) Pt ₂ (x ₈) Pt ₃ (x ₈) Pt ₄ (x ₈) Pt ₅ (x ₈)

СДЗ – система дрібносерійного складання; ТС – транспортна система; СС – складська система

У таблиці на перетині рядків і стовпців вказані допустимі правила перетворення і взаємодії об'єктів і процесів, що входять в систему складання [4, 5],

Аналіз таблиці дозволяє стверджувати таке:

Твердження 1. Кожен елемент СДЗ СМВ (x_j) має хоча б одну властивість (Pt_n):

$$\forall x_j \exists_{n \in I} Pt_n [Pt_n(x_j) \in X_{ГПС ОМР}]. \quad (8)$$

Твердження 2. Кожен елемент системи складання (x_j) пов'язаний яким-небудь відношенням (Qt_n) з іншим елементом СДЗ (x_k):

$$\forall_{j=1}^J x_j \exists_{\substack{k \in J \\ k \neq j}} x_k \exists_{n \in I} Q_t_n \left[Q_t_n(x_j, x_k) \in X_{ПИС ОМР} \right] \quad (9)$$

Твердження 3. Для кожного елемента системи складання (x_j) знайдеться інший елемент (x_k), сумісний з першим у процесі функціонування СДЗ СМВ:

$$\forall_{j=1}^J x_j \exists_{\substack{k \in J \\ k \neq j}} x_k \exists_{n \in I} Q_t_n \left[Q_t_n(x_j, x_k) = Q_t_1(x_j, x_k) \right]. \quad (10)$$

Твердження 4. Існують елементи (x_j і x_k), що зумовлюють один одного в процесі функціонування СДЗ СМВ:

$$\forall_{j=1}^J x_j \exists_{\substack{k \in J \\ k \neq j}} x_k \left[Q_t_2(x_j, x_k) = Q_t_2(x_j, x_k) \right]. \quad (11)$$

Твердження 5. Існують однакові елементи СДЗ СМВ :

$$\forall_{j=1}^J x_j \exists_{k \in J} x_k \left[Q_t_5(x_j, x_k) \right]. \quad (12)$$

Твердження 6. Для кожної деталі виробу з будь-якого напрямку існує інша деталь, яка обмежує її переміщення по цьому напрямку.

$$\forall_A \omega_1 \forall_N n \exists_A \omega_2 \left[n(\omega_1) \wedge (\omega_1 \langle \omega_2) \right]. \quad (13)$$

Твердження 7. Кожна деталь виробу з будь-якого напрямку входить у групу деталей, яка утворює замкнутий ланцюг взаємних обмежень щодо їхнього переміщення.

$$\forall_A \omega_1 \forall_N n \exists_A \omega_2 \dots \exists_A \omega_k \left[\begin{array}{l} n(\omega_1) \wedge n(\omega_2) \wedge \dots \wedge n(\omega_k) \wedge (\omega_1 \langle \omega_2) \vee \\ \vee (\omega_2 \langle \omega_3) \wedge \dots \wedge (\omega_k \langle \omega_1) \end{array} \right]. \quad (14)$$

Твердження 8. Для кожної деталі виробу існує інша або інші деталі, які визначають її стан.

$$\forall_A \omega_1 \forall_N n \exists_A \omega_2 \left\{ n(\omega_1) \wedge n(\omega_2) \wedge \left[(\omega_1 \xrightarrow{k} \omega_2) \vee (\omega_1 \xrightarrow{r} \omega_2) \right] \wedge (\omega_2 \xrightarrow{b} \omega_1) \right\}. \quad (15)$$

Твердження 9. Будь-яка пара деталей у виробі з будь-якого напрямку входить у групу деталей, що утворюють замкнутий ланцюг взаємних обмежень їхнього переміщення.

$$\forall_A \omega_1 \forall_A \omega_2 \forall_N n \exists_A \omega_3 \exists_A \omega_4 \dots \exists_A \omega_k \dots \exists_A \omega_i \left[\begin{array}{l} n(\omega_1) \wedge n(\omega_2) \wedge \dots \wedge n(\omega_k) \wedge \dots \wedge n(\omega_i) \wedge \\ \wedge (\omega_1 \langle \omega_3) \wedge (\omega_3 \langle \omega_4) \wedge \dots \wedge \\ \wedge (\omega_k \langle \omega_2) \wedge \wedge (\omega_2 \langle \omega_i) \wedge \dots \wedge \\ \wedge (\omega_i \langle \omega_1) \end{array} \right]. \quad (16)$$

Твердження 10. Для будь-якої пари деталей завжди існує така послідовність їх установлення при складанні виробу, коли одна деталь не обмежує доступ до місця установлення іншої.

$$\forall_A \omega_1 \forall_A \omega_2 \left\{ \left[(\omega_1 \prec \omega_2) \wedge (\omega_1 - (\omega_2)) \right] \vee \left[(\omega_2 \prec \omega_1) \wedge (\omega_2 - (\omega_1)) \right] \right\}. \quad (17)$$

Твердження 11. Будь-який замкнутий ланцюг взаємних обмежень містить хоча б пару деталей з нефіксованим взаємним обмеженням.

$$\exists_{A_c} \omega_1 \exists_{A_c} \omega_2 [H(\omega_1) \wedge H(\omega_2) \wedge (\omega_1 \triangleleft \omega_2)]. \quad (18)$$

Твердження 12. Якщо одна деталь u_1 є базовою b для іншої u_2 , то базову встановлюють раніше тієї, для якої вона є базовою.

$$\exists_A u_1 \exists_A u_2 [(u_1 \xrightarrow{b} u_2) \Rightarrow (u_1 \prec u_2)]. \quad (19)$$

Твердження 13. Якщо одна деталь u_1 обмежує доступ до іншої u_2 , то обмежену встановлюють раніше тієї, яка її обмежує.

$$\exists_A u_1 \exists_A u_2 [(u_2 - (u_1)) \Rightarrow (u_1 \prec u_2)]. \quad (20)$$

Твердження 14. Якщо є хоча б одна деталь з'єднання u , яка має бути встановлена раніше деталі іншого з'єднання v , то всі деталі першого з'єднання $p(u)$ встановлюють раніше деталей другого з'єднання $p(v)$, що не увійшли до першого.

$$\exists_{A_{S_1}} u \exists_{A_{S_2}} v (u \prec v) \Rightarrow \exists_{A_{S_1}} u \exists_{A_{S_2}} v \{ \forall p [p(u) \prec p(v)] \Rightarrow (u \prec v) \}. \quad (21)$$

Таким чином, нами були запропоновані нові принципи проектування організаційно-технологічної структури системи дрібносерійного складання, пов'язані із застосуванням багаторівневого підходу до моделювання процесу складання на основі логіко-лінвістичного опису моделі її елементів.

Список літератури

1. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. для вузов / Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов, А. Г. Схиртладзе и др.; под ред. Н. М. Капустина. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.
2. Коноплянченко, Є. В. Підвищення надійності роботи складальних систем шляхом оптимізації часових технологічних ланцюгів: автореф. дис....канд. техн. наук: 05.02.08 / Є. В. Коноплянченко; Х.: НТУ «ХПІ», 2001. – 20с.
3. Волчкевич, И. Л. Расчет необходимого количества оборудования при проектировании технологических комплексов в условиях многономенклатурного производства // Наука и образование. – № 3. – С. 1 – 23.
4. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др. // – М.: Машиностроение, 1986. – 480с.
5. Интеграционная технологическая подготовка промышленного предприятия PLM – решением / Ю. В. Тимофеев, В. А. Фадеев, О. Н. Шелковой, В. Д. Хицан, А. А. Ключко // Вісник НТУ «ХПІ». Сер. Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХПІ», 2015. – № 4 (1113). – С. 4 – 10.

Поступила в редакцию 07.09.2015

Логико-лингвистическое моделирование взаимосвязи функциональных характеристик системы мелкосерийного производства с параметрами процесса сборки

Рассмотрено логико-лингвистическое моделирование характеристик системы мелкосерийного производства с параметрами процесса сборки, которое в дальнейшем используется при оптимизации организационно-технологической структуры для повышения эффективности сборки и технологической подготовки производства, базирующейся на направленном формировании вариантов технологических процессов сборки и анализе наиболее перспективных вариантов путем имитационного трехмерного моделирования производственной среды.

Ключевые слова: процесс проектирования сборки, моделирование, организационно-техническая и технологическая структура.

Logical-linguistic modeling of the interactions between the functional characteristics of the small-scale production system with parameters the build process

In the article the logical-linguistic modeling of characteristics of small-scale production system with parameters the build process which is later used when optimizing the organizational and technological structure to improve the efficiency of Assembly and technological preparation of production, which is based on directional formation of variants of technological processes of Assembly and analysis of the most promising options by simulation a three-dimensional simulation of the production environment.

Keywords: process design Assembly, modeling, organizational, technical and technological structure.