УДК 005.311.2:004.94

В.Ю. Кудряков, м.н.с.
(Національний авіаційний університет, Україна)

ІНФОРМАЦІЙНО-СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ВИРОБНИЧИХ ЗАМОВЛЕНЬ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Розглянуто вимоги до математичних моделей, що описують процеси управління життєвим циклом виробів промислових підприємств, які використовують при розробці автоматизованих інформаційних систем. Розробку такої моделі показано на прикладі інформаційно-статистичної моделі «оцінки виробничих замовлень промислових підприємств»

Вітчизняні промислові підприємства в даний час знаходяться у нелегкому становищі: високий рівень зносу основних фондів, брак або відсутність інвестицій для його відновлення, низька ефективність виробництва, застарілі технології, брак висококваліфікованих фахівців. Найважче доводиться підприємствам, що займаються наукоємним виробництвом. Це зв'язано і з високою вартістю устаткування, і з серйозними вимогами до кваліфікації персоналу, і з сильною конкуренцією з боку зарубіжних підприємств. Така ситуація робить актуальним питання підвищення ефективності виробництва і забезпечення конкурентоспроможності підприємств на внутрішньому і зовнішньому ринках. Для вирішення цих проблем останнім часом все частіше використовують методи реінжинірингу бізнес-процесів підприємства. Правильно проведений реінжиніринг бізнес-процесів дозволяє на десятки відсотків збільшити ефективність роботи промислових підприємств, але часто проекти реінжинірингу не досягають запланованих результатів із-за помилок на етапі моделювання бізнес-процессів підприємства. Розглянемо можливості вирішення цих проблем, виходячи з досвіду розвинених країн та можливостей сучасних інформаційних технологій.

Ефективне використання виробничого потенціалу підприємства вимагає залучення сучасних методів управління. Промислове підприємство повинне реалізовувати повний життєвий цикл (ЖЦ) виробу, що вимагає використання комплексного автоматизованого управління всією сукупністю процесів ЖЦ продукції. Використання інформаційних технологій для створення інтегрованого середовища виробу і застосування процесного підходу для моделювання ЖЦ дає можливість розробити комплексну систему управління технічною підготовкою виробництва за допомогою моделювання процесів ЖЦ виробу.

Для вирішення завдань комплексного управління процесами ЖЦ в рамках промислового підприємства необхідно розробити математичну модель, що описує процеси ЖЦ і методи оптимізації, які дозволяють здійснити підтримку прийняття рішення. Така математична модель повинна складатися з сукупності моделей, кожна з яких відповідає певному процесу ЖЦ наукоємної продукції.

Кожна модель певною мірою відображає взаємодію трьох основних складових: цілей, ресурсів, необхідного результату. Моделі розташовані одна за одною, відповідно до нормативної документації, що регламентує послідовність процесів, які вони відображають. На вхід моделі поступають результуючі дані від попередньої моделі. Під процесом розуміємо послідовність дій, пов'язаних з функціонуванням підприємства, включаючи опис технологічних процесів виготовлення виробу. Процес, перетворюючи якийсь об'єкт праці, має вхід і вихід, де вхід процесу – сировина або інформація, вихід – продукція, яка є результатом процесу. Застосування процесного підходу для вирішення завдань планування дає можливість побудувати блокову модель підприємства, де використовується багаторівневе дерево процесів, в якому процеси вищих рівнів деталізують процесами нижчих, причому структури процесів однакові для всіх рівнів. Концептуальна модель

підприємства представляється у вигляді схеми процесів з їх цілями, зв'язками між ними, інформаційними і матеріальними потоками.

Процес в системі має свій контур управління, що теж є процесом. Виходить вкладена модель. Кожен *i*-й процес в системі є закінченою ланкою ЖЦ і має вхідні і вихідні потоки, по яких здійснюється управління *i*+1 процесом. Досягнувши мети процесів нижнього *i* рівня, досягається мета процесу *i*+1 рівня. На кожному рівні вирішується завдання прийняття рішення. Така структура дозволяє систематизувати будь-які етапи ЖЦ, оскільки вкладеною моделлю процесів можна описати як елементарний, так і складний процес, що складається з безлічі підпроцесів (наприклад, технологічна підготовка виробництва).

Процеси досягнення цілей мають бути представленні у вигляді сімейства траєкторій, орієнтованих на зовнішні потреби. Траєкторії містять послідовність характерних станів і робіт, що зв'язують їх. На вхід кожної моделі процесу поступає інформація (норми витрат, об'єм виконання), на виході – розрахунок сукупних витрат і часу, необхідних для виконання процесу в заданому об'ємі. Керуючий вплив для кожної моделі розглядається як зміна значень компонент в порівнянні з тими, що були визначені на попередній моделі.

При такому підході завдання управління виробництвом зводиться до завдання прийняття портфеля замовлень на плановий період $[t_0; t_T]$ і завданню розподілу виробничого ресурсу на плановий період для прийнятого портфеля замовлень. Початок планового періоду – t_0, закінчення - t_T.

Виходячи з вимог до системи моделей, розглянемо модель «оцінки виробничих замовлень промислових підприємств». Така модель представлена набором імовірних моделей суб'єктів ринку (постачальники, замовники) і динаміки цін на товари і послуги в сфері промислового підприємства.

Поведінка кожного *s*-го суб'єкта полягає в укладанні договорів на придбання, постачання певного *m* -го виду продукції у момент часу *t* в об'ємі $V=\{v_{\text{smt}}\}$ за ціною $C=\{c_{\text{smt}}\}$ за одиницю продукції (де $m=1\ldots M$; *M*- кількість одиниць готової продукції підприємства і сировини, необхідної для виконання основної діяльності, $s=\overline{1,...,S}$; *S* - кількість суб'єктів ринку. Модель суб'єкта ринку можна записати таким чином:

$$\psi_S = \langle \{v_{st}\}; \{c_{st}\}; \{t_t\} \rangle, \quad s=\overline{1,...,S_m}, \tag{1.1}$$

де S_m - кількість суб'єктів ринку, що мають відношення до продукції $m=\overline{1,...,M}$.

Модель суб'єкта ринку представлена в (1.1) кортежем, де $\{t_t\}$ – множина календарних дат, в які *s*-й суб'єкт укладав договори на постачання, придбання *m*-го продукту в об'ємі $\{V_{mt}\}$ за ціною $\{C_{\text{mt}}\}$ за одиницю товару. Для множини $\{t_t\}$ характерно, що часовий індекс $t_1 \le t \le t_2$, де t_1 – індекс дати ($t_1=1$) , з якою в системі є інформація о *s*-м суб'єктові, t_2 - індекс дати планового періоду ($t_2=t_T$, де t_T – закінчення планового періоду). Основною метою моделі «оцінки виробничих замовлень промислових підприємств» є здобуття прогнозу за договори, які розміщені, але ще не реалізовані $t > t_2$. Для цього в кортеж (1.1) необхідно додати множину статистики, що дозволяє обчислити надійність η_s по попередньому періоду поведінки *s*-го суб'єкта. Імовірнісна складова η_s показує вірогідність успішного завершення договору з боку *s*-го підприємства (своєчасна оплата або постачання). Знаходження η_s здійснюється по формулі

$$\eta_S(t) = \left(\sum_{t=t_1}^{t_T} \sum_{m=1}^{M} n_{mt} \right) \Big/ \left(\sum_{t=t_1}^{t_0} \sum_{m=1}^{M} \mathrm{n}^0_{\text{mt}} \right); \quad 0 \le \eta_S(t) \le 1, \tag{1.2}$$

де t - індекс поточної дати з множини $\{t_t\}$. Надійність s-го партнера розраховується відношенням успішно завершених договорів до загальної кількості. Множини $\{n_{mt}\}$ і $\{n^0_{mt}\}$– булеві матриці: n_{mt} =1, якщо s-й партнер виконав зобов'язання за договором на m-й товар в момент часу t, n_{mt} =0 в протилежному випадку; n^0_{mt}=1, якщо договір мав місце на m-й товар в момент часу t, n^0_{mt}=0 в протилежному випадку. Кортеж (1.1) для s-го суб'єкта зовнішнього середовища, доповнений надійністю, виглядатиме таким чином:

$$\psi_s = \left\langle \{v_{mt}\}; \{c_{mt}\}; \{t_t\}; \{n_{mt}\}; \{n^0_{mt}\}; \eta(t_0) \right\rangle \tag{1.3}$$

Кортеж ψ_s є інформаційною моделлю s-го суб'єкта. Множина суб'єктів складає зовнішнє середовище $\Psi = \{\psi_s\}$:

$$\Psi = \left\langle \{v_{smt}\}; \{c_{smt}\}; \{t_{smt}\}; \eta_s(t_0) \right\rangle, \quad m = \overline{1,...,M}, \; t_1 \le t \le t_T, \; s = \overline{1,...,S} \tag{1.4}$$

Кортеж (1.4) є інформаційною моделлю «оцінки виробничих замовлень промислових підприємств», що використовується в роботі. Модель дозволить отримати множину $\Omega' = \{\psi_m\}$ замовлень, де m-й виріб з номенклатури підприємства $m = \overline{1,...,M}$, виріб з номенклатури підприємства $[t_0; t_T]$. Одне замовлення характеризуємо кортежем:

$$\psi_m = \left\langle (v_{st}); \{c_{st}\}; \{t_t\}; \eta_s \right\rangle, \; t_{t_0} \le t_t \le t_T. \tag{1.5}$$

Портфель замовлень описуємо кортежем:

$$\Omega' = \left\langle \{v_{smt}\}; \{c_{smt}\}; \{t_{smt}\}; \eta_s(t) \right\rangle, \; m = \overline{1,...,M}, \; t_{t1} \le t_t \le t_T, \; s = \overline{1,...,S}. \tag{1.6}$$

Кількість елементів в множині Ω' дорівнює Z. В множину $\Omega' \subset \Psi$, для отримання множини Ω' з множини Ψ, необхідно ввести такі обмеження:

$$\psi_m \in \Omega', \text{ якщо } t_{t_0} < t_t \le t_T \text{ при } 0 < t \le T, \tag{1.7}$$

де t_{t_0} - поточна дата, початковий час планування; t_T - кінцевий час планування періоду, відповідно 0 і T індекси для елементів з множини часу $\{t_m\}$, для $m \in M$. Умови (1.7) включають лише ті замовлення ψ_m, які по часу необхідної реалізації входять в плановий період. Тут відкидаються варіанти, які вже є статистикою (за минулі періоди).

$$\psi_m \in \Omega', \text{ якщо } t_{t_0} + t_{T_i} < t_{mt} \le t_T \text{ при } t_0 + T_i < t \le T, \tag{1.8}$$

де t_{T_i} – час планований для виконання i-го замовлення.

Умови (1.8) конкретизують умови (1.7) і вимагають, щоб час замовлення був більше запланованого часу, потрібного для його виконання t_{T_i} - розраховується по моделі внутрішнього середовища або визначається з раніше придбаного досвіду (статистика виконання замовлень). Для виключення з розгляду заздалегідь неоптимальних варіантів введемо вимогу про міру інформованості підприємства про суб'єкта s:

$$\psi_m \in \Omega', \text{ якщо для } s\exists \sum_{m=1}^{M} \sum_{t=t_0}^{t_T} n^0_{mst} > k, \tag{1.9}$$

де k – деяка константа. Константа показує міру інформованості про s-го партнера. При завданні k можна прибрати варіанти, в яких необхідно співробітничати з маловідомими партнерами.

$$\psi_m = \Omega', \text{ якщо для } s\exists \eta_s(t_0) > \delta, \tag{1.10}$$

де $0 \le \delta \le 1$ константа, що показує надійність s-го партнера на початок планового періоду. При використанні критерію (1.10) є можливість відмовитися від замовлень ненадійних клієнтів. Підмножина $\Omega' \subset \Psi$ є портфелем замовлень для підприємства на плановий період. Обмеження (1.7), (1.8) є необхідними умовами входження ψ_m в множину Ω'. Виконання умов (1.9) та (1.10) не є обов'язковим.

Таким чином, модель «зовнішнього середовища» має вигляд:

$$\begin{cases} \Psi = \{\{v_{smt}\}; \{c_{smt}\}; \{t_{smt}\}; \eta_s(t_0)\}; \\ \eta_s(\tau_0) = \dfrac{\sum_{m=1}^{Ms} \sum_{t=1}^{t'} k_{mt}}{k_S^0} - \textit{надійність суб'єкта } s, \quad k_S^0 = const, M_s \in M; \\ 0 \le \eta_s \le 1; \\ k_{smt} = \begin{cases} 0, & \textit{якщо договір був зірван}, \\ 1, & \textit{якщо договір реалізован}; \end{cases} \\ t_{smt_1} \le t_{smt} \le t_{smT} \\ t_1 \le t' \le T, t_{smt'} = t_0; \\ t_1 - \textit{індекс діючого моменту планування}; \\ s = \overline{1..S}, m = \overline{1..M}, t = \overline{1..T}. \end{cases} \tag{1.11}$$

Висновок

Як показує використання інформаційно-статистичної моделі «оцінки виробничих замовлень промислових підприємств» (1.11), побудованої для знаходження множини замовлень $\Omega' = \{\psi_m\}$ на плановий період [t0; tT], застосування процесного підходу для моделювання процесів управління життєвого циклу виробів дає можливість підвищити ефективність виробництва, зменшити затрати ресурсів і часу та забезпечити конкурентоспроможність промислових підприємств на внутрішньому й зовнішньому ринках.

Список літератури

1. *Капустин Н.М., Кузнецов П.М., Схиртладзе А.Г. и др.; Под ред. Н.М. Капустина.* Автоматизация производственных процессов в машиностроении. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.

2. *Томашевский В.М.* Моделирование систем. – СПб.: Изд. группа BHV, 2004. – 352 с.

3. *Павленко П.М.* Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: Монографія. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. – 280 с.

4. *Репин С.В., Рулис К.В., Зазыкин А.В., Ховалыг Н.К.* Разработка информационных баз техники для использования в автоматизированной системе управления техническим обслуживанием и ремонтом строительных машин. Международная электронная библиотека (электронный ресурс: interlibrary.narod.ru). – 2007. – 12 с.