

Затронутый в статье материал в части всех работ по анализу рынка и экспертизе заявок развернуто и всесторонне освещен в выпусках:

БИБЛИОТЕКА

"ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА"

Под ред. зав. лабораторией методов автоматизации производства ИПУ РАН Э. Л. Ицковича.

Предлагаются аналитические работы, помогающие правильной ориентации специалистов по автоматизации на современном насыщенном рынке программных и технических средств автоматизации производства и рациональном выборе этих средств.

I. Методика оценки конкурсных заявок и программа обработки результатов голосования экспертной комиссии. Работа состоит из методики проведения экспертизы заявок на средства и системы автоматизации, программы решения задачи многокритериального выбора, инструкции конечного пользователя.

II. Серия аналитических обзоров

Выпуск 1. "Программные средства визуализации измерительной информации для дисплейных пультов оператора (SCADA-программы)".

Выпуск 2. "Микропроцессорные ПТК отечественных фирм".

Выпуск 3. "Сетевые комплексы контроллеров зарубежных фирм на рынке СНГ".

Выпуск 4. "Полномасштабные микропроцессорные распределенные системы управления".

Выпуск 5. "Перспективные программные и технические средства автоматизации: их стандартизация, свойства, характеристики, эффективность эксплуатации".

Выпуск 6. "Интеллектуальные датчики общепромышленного назначения на рынке СНГ".

Выпуск 7. "Современные интегрированные АСУП (ERP-системы) на рынке СНГ. Часть 1. Пакеты отечественных производителей".

Выпуск 8. "Современные интегрированные АСУП (ERP-системы) на рынке СНГ.

Часть 2. Пакеты зарубежных производителей".

По единой форме в этих обзорах описываются важные для потенциальных заказчиков свойства и характеристики разных средств и систем отечественного и зарубежного производства, используемых на предприятиях СНГ и активно поддерживаемых на нашем рынке; проводится сопоставление важнейших показателей однотипных средств разных производителей, что позволяет определить рациональную нишу применения каждого средства. Объем каждого выпуска 100 – 160 страниц.

Справки по вопросам, касающимся содержания работ и их заказа можно получить у проф. Э. Л. Ицковича по тел. и факсу (095) 334-90-21, по E-mail: itskov@ipu.rssi.ru

Заключение

Рассмотренный способ приобретения средств и систем автоматизации полностью использует имеющуюся конкурентную ситуацию для производителей продукции, позволяет за-

казчику грамотно ориентироваться на существующем рынке, гарантирует объективный анализ поступивших на конкурс предложений (заявок), отбирает наилучшую по критериям заказчика продукцию.

Ицкович Эммануил Львович – д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией методов автоматизации производства ИПУ РАН.

Контактный телефон (095) 334-90-21. E-mail: itskov@ipu.rssi.ru

СТРАТЕГИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ¹

В.М. Чадаев (ИПУ РАН)

Показано принципиальное влияние значения вероятности правильного выполнения операции (которое никогда не бывает равно единице) на стратегию автоматизации.

Надежность выполнения технологических операций

При выполнении любых технологических операций возможны ошибки. Это правило не имеет исключений, независимо от того, выполняются ли операции автоматом или человеком. Различаются только вероятности этих ошибок. Для разных операций они изменяются от нескольких процентов до тысячных долей процента. Сама по себе вероятность правильного выполнения технологической операции 0,99 или 0,999 кажется очень высокой, но для изготовления изделий их необходимо выполнить тысячи. Если операции статистически независимы (а это, как правило, так) вероятность не сделать ни одной ошибки из-за умножения вероятностей будет очень мала. Например, при выполнении тысячи операций она будет равна $0,99^{1000}$ или после возведения в степе-

нь соответственно 0,0000432. То есть выполнить 1000 операций, не сделав ни одной ошибки, практически невозможно. Конечно, существуют способы борьбы с этим злом (об этом позже – в следующей статье), но не учитывать этого при выборе оптимального варианта автоматизации нельзя.

Стоимость рабочего времени робота

Если вероятность правильного выполнения отдельных технологических операций не равна 1, то выражение для стоимости единицы рабочего времени робота, приведенное в предыдущей статье, должно быть изменено. Это связано с тем, что средняя время выполнения отдельной технологической операции при изготовлении любого (то есть годного или негодного) робота и для изготовления годного робота не совпадают.

¹ Продолжение. Начало см. в журнале "Автоматизация в промышленности" №2, 2003.

Поскольку часть изготовленных роботов из-за неправильного выполнения операций будет неработоспособной, *средние* затраты времени на изготовление *годного* робота будут больше минимального времени, необходимого для изготовления любого (может быть и бракованного) робота.

Если на выполнение технологической операции i -го типа человек тратит a_i , а робот b_i тактов времени, то для выполнения этой же технологической операции для изготовления годного робота в среднем будет истрачено больше времени, а именно, a_i/P и b_i/P соответственно, где P – вероятность правильного, то есть без единой ошибки, изготовления робота.

Вероятность изготовления годного автомата $P(\alpha)$, учитывая сделанные выше предположения о статистической независимости технологических операций, можно выразить через вероятности правильного выполнения отдельных операций формулой

$$P(\alpha) = \prod_{j=1}^m p_j^{\alpha_j n_j} q_j^{(1-\alpha_j)n_j},$$

где n_j – общее число операций j -го вида, необходимое для изготовления робота, p_j – вероятность правильного выполнения операции j -го вида роботом, q_j – вероятность правильного выполнения операции j -го вида человеком, α_j – степень автоматизации операции j -го вида.

Тогда формула для стоимости единицы рабочего времени робота примет вид

$$\lambda(\alpha) = \frac{\sum_j (1-\alpha_j) a_j n_j}{TP(\alpha) - \sum_j \alpha_j b_j n_j} \quad (1)$$

с условием физической возможности

$$TP(\alpha) > \sum_j \alpha_j b_j n_j.$$

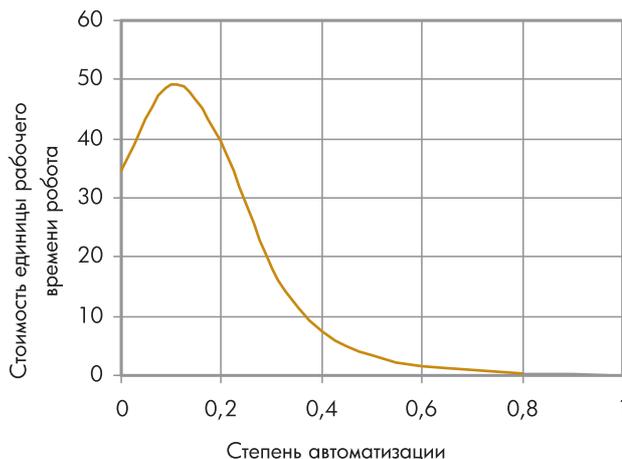
Доказано, что и с учетом возможных ошибок в выполнении технологических операций верно следующее правило.

Для минимизации стоимости единицы рабочего времени робота следует технологическую операцию каждого вида или полностью автоматизировать или полностью выполнять вручную.

Пример. На рисунке приведена зависимость стоимости единицы рабочего времени робота от степени автоматизации технологической операции одного – единственного вида для случая, когда другие виды операций робот просто не умеет выполнять.

Для расчетов примера по (1) взяты следующие параметры: $T=100$; $a=1$; $b=0,6$; $p=1$; $q=0,6$; затраты времени человека на операции, которые робот делать не умеет-11.

Характерно, что хотя полная автоматизация позволяет получить бесплатную стоимость единицы рабочего времени робота, частичная автоматизация



Случай, когда малая степень автоматизации вредна, а высокая выгодна

(приблизительно до 10%) приводит даже к увеличению стоимости единицы рабочего времени робота. Робкая автоматизация вредна!

Парадоксы автоматизации

Отметим, что учет эффекта самовоспроизведения может привести к ситуациям, которые, на первый взгляд, противоречат здравому смыслу.

Пусть для изготовления изделия необходимо выполнить два типа технологических операций, например, завернуть 100 гаек и 100 винтов. Так вот оказывается (и это строго доказано), что в зависимости от параметров операций (a, b, p, q) и ресурса робота T возможна ситуация, когда автоматизация операций по отдельности выгодна, а обеих вместе нет. Возможна и обратная ситуация, когда автоматизация операций по отдельности не выгодна, а обеих вместе выгодна. В этом читатели могут сами убедиться, поиграв с формулой (1) на компьютере.

Подробные доказательства представленных утверждений приведены в литературе [1-3].

Как мы отметили вначале, при последовательном выполнении технологических операций вероятность получить годное изделие монотонно снижается. Как быть? Выход давно найден практиками. Сложные изделия собираются по узлам, которые отдельно контролируются. Таким образом технологические операции перемежаются с контрольными. При этом если добавление технологической операции снижает вероятность получить годное изделие, то контрольная операция, наоборот, ее увеличивает. Об этом в следующей статье.

Список литературы

1. *Чадеев В.М.* Самовоспроизведение автоматов. М.: Наука, 1973.
2. *Основы управления технологическими процессами/ Под ред. Н.С. Райбмана.* М.: Наука, 1978.
3. *Чадеев В.М., Бабакин С.О.* Управление изготовлением роботов для производства роботов//Автоматика и телемеханика. №12. 1998.

Чадеев Валентин Маркович – д-р техн. наук, профессор Института проблем управления РАН E-mail: Chavama@ipu.rssi.ru