

## МЕТАСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Рассматривается метасистемность процесса выбора средств автоматизации технологических процессов на примере микрохирургических офтальмологических операций. При этом сам процесс выбора аналогичен функционированию метасистем последовательного действия, а при оптимизации этого выбора используется методология метасистем параллельного действия.

Выбор средства является наиболее сложным и фундаментальным этапом при автоматизации технологических процессов. От правильного решения этого вопроса зависят все показатели будущей системы автоматизации: производительность, качество продукции, себестоимость и другие, которые определяют целесообразность самой автоматизации. Как известно, существует три классических обоснования целесообразности автоматизации: экономическое, социальное и «качественное» (когда автоматизация позволяет получить новое качество, не свойственное человеку по природе).

Поскольку при выборе средств автоматизации всегда имеется некоторое множество альтернативных систем автоматизации, задача аналогична выбору одной функционирующей в данный момент системы из некоторого множества в метасистеме последовательного действия /1/. Общая схема метасистемы последовательного действия изображена на рисунке 1. В этой схеме функционирующая система, а также элементы, задействованные из других систем метасистемы (они ведь в это время «простаивают»), помечены штриховкой.

Типовыми задачами для метасистем последовательного действия, кроме оптимизации набора входящих в

метасистему систем, относящейся к проектированию метасистемы, являются разработка стратегии выбора функционирующей в данный момент системы, максимизирующей общие показатели метасистемы, а также выбор наиболее эффективного диапазона действия каждой отдельной системы. Эффективность функционирования выбранной системы должна оцениваться некоторым критерием. Для автоматизации в связи с тремя классическими ее случаями обоснования целесообразности, указанными выше, можно выбрать комбинированный критерий, включающий экономический, социальный и «качественный» аспекты. Такой критерий можно оценить по формуле.

$$\eta = \frac{\mathcal{E} + \alpha_1 \mathcal{E}_c + \alpha_2 \mathcal{E}_k}{3}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$ ,  $\mathcal{E}_c$ ,  $\mathcal{E}_k$  – эффекты от аспектов автоматизации: экономического, социального и качественного,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  – коэффициенты ранжирования эффектов, 3 – затраты на их достижение. Кроме того, в классическом случае учитывается еще и готовность систем к включению, под которой можно понимать в данном случае готовность технологического процесса к автоматизации /2/.

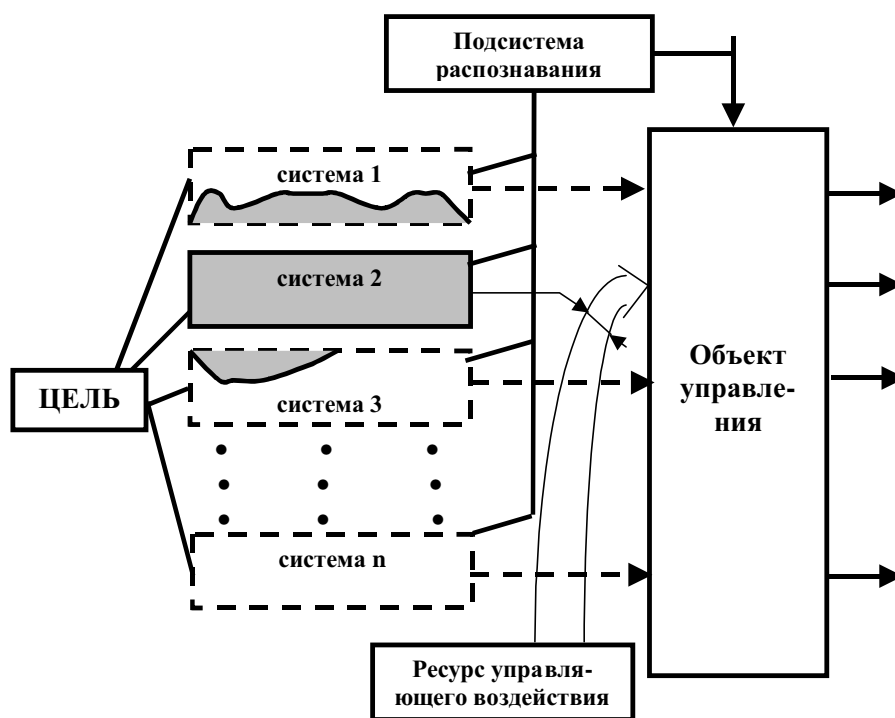


Рисунок 1. Метасистема последовательного действия

Другим большим классом являются метасистемы параллельного действия /2/. В них в каждый момент времени выбирается некоторая группа одновременно (параллельно) функционирующих систем. Общая схема метасистемы параллельного действия изображена на рисунке 2.

Типовой задачей для этого класса метасистем, опять же кроме оптимизации общего набора систем и разработки оптимальной стратегии выбора функционирующих в каждый заданный момент времени групп, является задача оптимального перераспределения управляющих ресурсов. При этом управляющие ресурсы снимаются с одной системы, увеличивая потери от ее функционирования на выходе, и добавляются другой системе, снижая ее выходные потери так, чтобы суммарные затраты ресурсов и потери метасистемы уменьшались. Если затраты обозначить  $Z_i$ , а потери  $P_i$ , то общий критерий оптимизации для  $N$  функционирующих параллельно систем будет определяться по формуле

$$\sum_{i=1}^N (Z_i + P_i) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Этот критерий является частным случаем классического функционала оптимизации, в котором затраты управляющих ресурсов оцениваются обобщенной работой на управление, а потери при функционировании систем ассоциируются с потерями от несоответствия переходных процессов идеальным.

С другой стороны, к этому же критерию можно прийти, преобразуя критерий (1) – заменив эффекты от различных аспектов автоматизации в числителе на потери по сравнению с максимальным их значением и добавляя к ним затраты на ту или другую систему автоматизации из знаменателя. При этом появляется возможность усиливать тот или иной аспект автоматизации (ослабляя при этом оставшиеся) и выбирая систему автоматизации с максимальной эффективностью.

Таким образом, метасистемная идеология представляет теоретические основы при выборе средства автоматизации для конкретного технологического процесса.

Рассмотрим практические аспекты выбранной схемы на примере автоматизации офтальмологических микрохирургических операций (смотри рисунок 3). Рассматриваются четыре альтернативные схемы: отсутствие всякой автоматизации, копирующее и супервизорное управление и полностью автоматическая система. В качестве «возмущений» на вход данной схемы поступает тот или иной вид операции (лечение катаракты, снижение степени близорукости, установка искусственного хрусталика и так далее), на выходе же должна быть выбрана наиболее эффективная для данного случая схема автоматизации.

Эффект от автоматизации такого вида может оцениваться экономически (эффект от восстановления зрения может быть оценен в денежном выражении), имеет большие социальные последствия (освобождает хирурга от рутинных движений, снимает дрожание рук, блокирует повреждающие движения), а также придает хирургу новые «качества» (делает его работу более творческой, увеличивает количество одновременно используемых инструментов, уменьшает повреждаемые области). Естественно все эффекты должны быть в одной размерности, а ранжирующие коэффициенты определяются с помощью экспертов.

При выборе конкретной схемы автоматизации будет получен эффект от ее внедрения, и, естественно, он тем больше, чем большее количество операций выполняется. На рисунке 4 изображена диаграмма, показывающая среднее количество наиболее частых операций, выполняемых в год в Оренбургском филиале МНТК «Микрохирургия глаза».

С другой стороны, затраты на автоматизацию в первом приближении пропорциональны степени (категории) сложности проводимой операции. Последняя, в

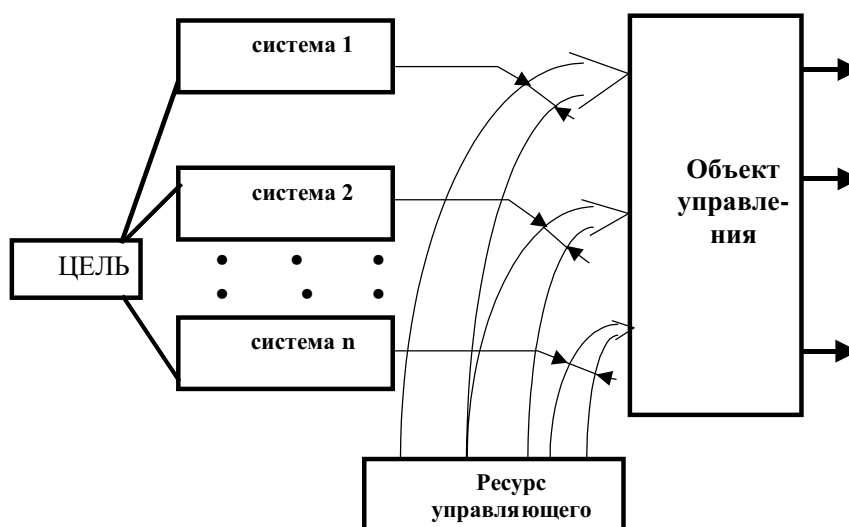


Рисунок 2. Метасистема параллельного действия

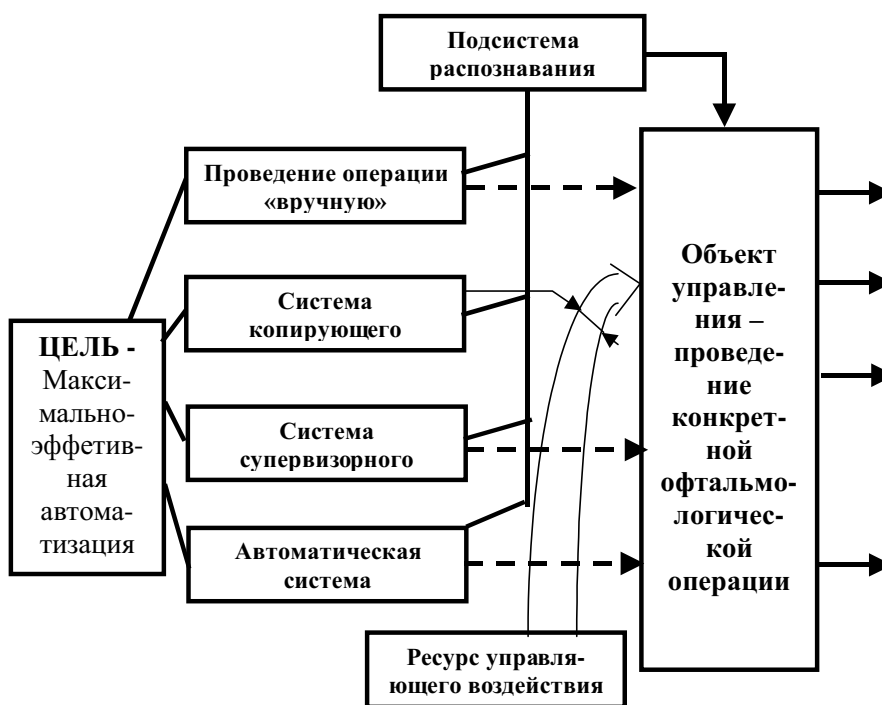


Рисунок 3. Метасистема альтернативных систем автоматизации

Рисунок 4. Диаграмма среднегодового количества операций

свою очередь, определена экспертным методом и приведена в таблице.

Разделив общий эффект от автоматизации операции на категорию ее сложности в соответствии с формулой (1), получим ранжированный ряд целесообразности автоматизации операций в порядке предпочтения (см. рисунок 5).

Рисунок 5. Диаграмма предпочтительности операций к автоматизации

Для окончательного выбора той или иной системы автоматизации конкретной микрохирургической операции необходимо учесть, как было указано выше, коэффициент готовности операции к ее автоматизации. К понятию готовности можно отнести наличие методологических и технических средств, позволяющих провести операцию с качеством, не худшим, чем при ручном способе.

#### Список использованной литературы:

- 1 Клар Дж. Системология: автоматизация решения системных задач. – М.: Мир, 1991. – 500 с.
- 2 Пищулин А.М. Оптимальные методы построения и управления мультиструктурными системами автоматизации технологических процессов и производств на основе вероятностных критериев качества. – Дисс. на соискание ученой степени д-ра техн. наук. Оренбург, 2001. – 365 с.