

A. K. НУГУМАНОВ, С. Н. БОРАНБАЕВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЗАМЕНЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Во всем мире существует множество предприятий, которые используют в производстве информационные вычислительные системы. Поэтому при его внедрении нужно составлять оптимальный план использования и замены информационной системы. Задачи по замене информационных систем рассматриваются как многоэтаповый процесс, который характерен для динамического программирования.

Многие предприятия сохраняют или заменяют оборудование по своей интуиции, не применяя методы динамического программирования. Применять эти методы целесообразно, так как это позволяет наиболее четко максимизировать прибыль или минимизировать затраты.

Задача о замене информационной системы состоит в определении оптимальных сроков замены старой информационной системы. Старение включает его физический и моральный износ. В результате чего увеличиваются производственные затраты, растут затраты на обслуживание и ремонт, снижается производительность труда и ликвидная стоимость. Критерием оптимальности является либо прибыль от эксплуатации информационной системы, либо суммарные затраты на эксплуатацию в течение планируемого периода.

Перспективным инструментом моделирования для ориентированного на технологию управления экономически устаревшего оборудования являются разнотипные основные модели (VCMs), предложенные в [1]. Они принимают во внимание воплощенный технологический процесс и описаны нелинейными интегральными уравнениями Volterra. Модели разнотипного капитала использовались в объяснении управляемых инвестициями деловых циклов. Такие модели показывают зависимость реновации от возраста оборудования при технологическом прогрессе. Их оптимальные траектории отражают равновесия между будущим значением арендной платы и внешними рыночными ценами оборудования и ресурсов.

Здесь мы опишем простую модель оптимизации для рациональной замены вычислительных систем предложенную Ю. П. Яценко [1]. Финан-

совая цель - минимизация существующего значения устойчивых эксплуатационных расходов. Необходимо решить проблему нахождения оптимального жизненного цикла существующей вычислительной системы, инвестиции в новую вычислительную систему и типа новой вычислительной системы из нескольких возможных выборов (в данном техническом стандарте). Эта проблема является дискретной и динамической. Вычислительная система может включать отношения производительности, цены и потребления ресурсов.

Промышленность работает при условиях улучшающейся технологии, то есть происходит технологический прогресс, что означает, что более новые типы вычислительных систем лучше и требуют меньшего обслуживания. Работа текущей вычислительной системы ухудшается из-за многократных отказов и увеличенного обслуживания, поскольку система устаревает. Рассмотрим замену каждой вычислительной системы в некоторый момент времени.

Возьмем, $t = 0, 1, 2, \dots$ Предполагаем, что только одна технология (один тип вычислительной системы) доступна в каждый момент t . Далее, определяется *технология* как $\{P, M_{t,k}\}$, где P - покупная цена, или стоимость приобретений вычислительной системы, купленной во время t (вычислительная система t) и $M_{t,k}$ - стоимость обслуживания вычислительной системы t в течение периода времени $k \geq t$. Последовательность $M_{t,k}$ уменьшается в t из-за технологического прогресса. Покупная цена P включает стоимость установки и подключения, стоимость обслуживания $M_{t,k}$ может включать вероятность случайных компьютерных отказов.

Предполагается, что имеется P различных вычислительных систем в $t=0$, установленные в времена $j \leq 0$ ($P \geq 1$ - целое число). Тогда

$$\sum_{j=-L_0}^0 m_j^0 = P, \quad (1)$$

где m_j^0 - известное количество вычислительных систем, установленных в каждый период -

$L_0 \leq j \leq 0$, в течение известной предыстории $[-L_0, 0]$. Отношение (1), фактически, есть начальное условие для проблемы замены.

Теперь рассмотрим интервал $[1, T]$, $T \leq \infty$. Вместо того, чтобы прослеживать цепочку замены для каждой вычислительной системы, вводится другая переменная: *жизненный цикл* L вычислительной системы t и число m , вычислительных систем, купленных в момент времени t , $1 \leq t \leq T$. Так как общее количество текущих информационных систем равно P , то m , должно удовлетворять ограничению:

$$\sum_{j=t-L}^t m_j = P, \quad t = 1, \dots, T. \quad (2)$$

Затем, обесцененная общая стоимость замены по интервалу $[1, T]$ может быть описана как

$$I(T) = \sum_{k=1}^T \rho^k \Pi_k m_k + \sum_{k=1}^T \rho^k \sum_{j=k-L_k}^T M_{j,k} m_j, \quad (3)$$

где первая сумма представляет жизненный цикл вычислительной системы, а вторая сумма - полную стоимость обслуживания системы при эксплуатации. Параметр ρ , $0 < \rho \leq 1$, обозначает коэффициент дисконтирования.

Теперь задача замены вычислительных систем может быть сформулирована как задача оптимизации

$$I(T) \rightarrow \min_{m_j, L_j, j=1, \dots, T} \quad (4)$$

с неизвестными L и m , $L \geq 0$, $m \geq 0$, $1 \leq t \leq T$, с ограничением (2) и начальным условием (1). Управляемый жизненный цикл L , вычислительной системы - различие между временем установки и временем замены вычислительной системы.

Сформулированная задача оптимизации (1) - (4) нелинейная, в [8,9] рассмотрены некоторые достаточные условия разрешимости этой задачи. Некоторые из них могут быть опущены, когда мы рассматриваем соответствующую непрерывную задачу оптимизации:

$$I = \int_0^T e^{-(1-\rho)t} [\Pi(t)m(t) + \\ + \int_{t-L(t)}^t M(\tau, t)m(\tau)d\tau]dt \rightarrow \min_{m, L}, \quad (5)$$

относительно неизвестных функций $m(t)$ и $L(t)$, $t \in [0, T]$, $T \leq \infty$, при выполнении условия

$$P(t) = \int_{t-L(t)}^t m(\tau)d\tau, \quad (6)$$

и начального условия на предыстории $[-L_0, 0]$ процесса:

$$L(0) = L_0 > 0, m(\tau) = m_0(\tau), \tau \in [-L_0, 0]. \quad (7)$$

Решения (5) - (7) (если они существуют) - близки к дискретному (1) - (4) решению. Задачи оптимизации (5) - (7) проанализированы в [6, 7], и даны точные решения во многих важных случаях. Здесь мы опускаем связанные математические детали и применяем результаты к замене вычислительных систем.

Очевидно, что оптимальный жизненный цикл вычислительной системы не зависит от размера фирмы, промышленного уровня, количество ресурсов, и определен только нормой технологического прогресса в индустрии информационных технологий. Этот результат очень важен для стратегического управления замены на отдельном устойчивом уровне. Более точно, внутренний оптимальный жизненный цикл $L^*(t)$, $t \in [0, T]$ вычислительной системы - близок к (или совпадает с) решению $L(t)$, $t \in [0, T]$ следующего интегрального уравнения:

$$\int_1^{\min\{[t-L(t)]^{-1}, T\}} e^{-(1-\rho)(\tau-t)} [M(\tau - L(\tau), \tau) - \\ - M(t, \tau)]d\tau = \Pi(t), \quad t \in [0, T]. \quad (8)$$

Уравнение (8) утверждает, что в рациональной стратегии замены, прибыль от пересмотра устаревшей вычислительной системы и установки нового (левая часть уравнения (8)) должна быть равной стоимости приобретения новой вычислительной системы. Уравнение (8) не зависит от промышленного масштаба и начальной структуры вычислительной системы (7) и вовлекает только технологию $\{M(\tau, t), \Pi(\tau)\}$ и коэффициент дисконтирования ρ . Это дает близкую к оптимальной политику замены вычислительных систем, которая может использоваться любой фирмой. В частности, справедливы следующие общие качественные свойства оптимального жизненного цикла вычислительной системы:

- если нет никакого физического ухудшения (то есть, эксплуатационные расходы $M(\tau, t)$ не зависят от $t - \tau$), то внутренняя оптимальный жизненный цикл существует, только если и $M(\tau, t)$ и $\Pi(\tau)$ уменьшаются в t . Иначе, оптимальная политика должна эксплуатировать существующую вычислительную систему максимально долго.

- при наличии физического ухудшения с эксплуатационными расходами может существовать $M(\tau, t)$ строго уменьшающий в $t - \tau$, оптимальный жизненный цикл может существовать, когда $M(\tau, t)$ и/или $\Pi(\tau)$ не уменьшается в t .

- отношение между ценой на вычислительную систему $\Pi(\tau)$ и эксплуатационными расходами $M(\tau, t)$ определяет оптимальную динамику жизненного цикла вычислительной системы. Если цена на вычислительную систему уменьшается быстрее чем эксплуатационные расходы, то оптимальный жизненный цикл вычислительной системы уменьшается, и обратно.

- если нормы уменьшения эксплуатационных расходов и цены на вычислительную систему равны, то рациональный жизненный цикл вычислительной системы является постоянным и зависит только от нормы уменьшения, отношения цены/эксплуатационных расходов и фактора дисконтирования. Интенсивность реконструкции выше для вычислительной системой с более высокой нормой технологического прогресса.

На первый взгляд, свойства, кажется, слишком ограничительные. Они становятся более естественными, если мы заметим, что работа вычислительной системы не вовлечена в модель (5) - (7), то есть, запрос определен данным общим количеством вычислительных систем и, можно полагать, что оно постоянно.

Модели (1) - (4) и (5) - (7) остаются линейными в переменных $m(t)$, $t \in [0, T]$, которые представляют текущие инвестиции в вычислительные системы. Тогда, принцип суперпозиции решения позволяет нам разбивать задачи оптимизации (1) - (4) (или (5) - (7)) в отдельный задачи для каждой используемой вычислительной системы. Поэтому, мы можем определить жизненный цикл L для каждой используемой вычислительной системы и затем добавить их до получения оптимального инвестирования $m(t)$, $t \in [0, T]$.

Необходимые входные данные для того, чтобы принимать решения о замене оборудования являются всегда большими. Данные включают технические стандарты, совместимость, физические нормы ухудшения, ремонт, обслуживание, операционные затраты, количество потребляемой энергии и трудовых ресурсов, и т.д. На основе рассмотренной модели и задачи оптимизации мы можем сосредоточиться на стратегическом уровне основного управления и моделировать

стратегии замены отдельно от многочисленных деталей.

Уравнение (8) для нахождения оптимального жизненного цикла (сервисное время) вычислительной системы может быть решено в числовом виде для любых данных гладких функций $M(\tau, t)$ и $\Pi(\tau)$, которые отражают динамику технологического прогресса. Главным требованием применения модели к реальным системам является возможность сбора данных о будущей динамике технологического прогресса в ИТ-промышленности. Способность иметь размеры и предсказывать деловую работу вычислительных систем является критической для их эффективного использования. Однако, даже этот упрощенный набор входных данных создает немало трудностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hritonenko N., Yatsenko Yu. Creative Destruction of Computing Systems: Analysis and Modeling. 2005.
2. Шумпетер Й. Капитализм, социализм, демократия. 1995. С. 127.
3. Карве Анита. Перемены в планах // Журнал сетевых решений / LAN. 1996 № 8.
4. Яценко Ю.П. Интегральные модели систем с управляемой памятью. Киев: Наук. Думка, 1991.
5. Ломейер Дэн, Погреб Софья, Робинсон Скотт Кто в ответе за информационные технологии // Вестник McKinsey. 2004. №8.
6. Hritonenko N. Optimization analysis of a nonlinear integral model with applications to economics // Nonlinear Studies. 2004. 11:59-70.
7. Hritonenko N., Yatsenko Yu. Structure of optimal trajectories in a nonlinear dynamic model with endogenous delay // Journal of Applied Mathematics. 2004. 5:433-445.
8. Sethi S.P., Chand S. Planning horizon procedures in machine replacement models // Management Sciences. 1979. 25:140-151.
9. Bylka S., Sethi S.P., Sorger G. Minimal forecast horizons in equipment replacement models with multiple technologies and general switching costs // Naval Research Logistics. 1992. 39:487-507.

Резюме

Акпараттық жүйенің ауыстыру проблемаларына яғни негізгі қадамы онтайлы уақыт мерзімінде ескірген акпараттық жүйені ауыстыру жөніндегі түсініктे берілген.

Summary

This article is devoted to show the problem of changing information system, where the aim is to define the optimal period of time of the changing the old information system.

УДК 681.3

Евразийский национальный
университет им. Л. Н. Гумилева

Поступила 6.05.08г.