14. *Иванова Е.Г.* О Корректности и понимании текстов. Известия ТРТУ № 3 (47). Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. С. 207–209.
15. *Iwanska L.M.*, *Shapiro S.C.* Natural language processing and knowledge representation: language for knowledge and knowledge for language. AAAI Press / The MIT Press, 2000. P. 7–65.

А.Э. Саак

ЦЕПНАЯ МОДЕЛЬ КОМБИНАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ СТАЦИОНАРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МВС

Моделью МВС 1980-х гг. [1, 2] служил куб, секущийся равнонаклонной плоскостью (рис. 1).

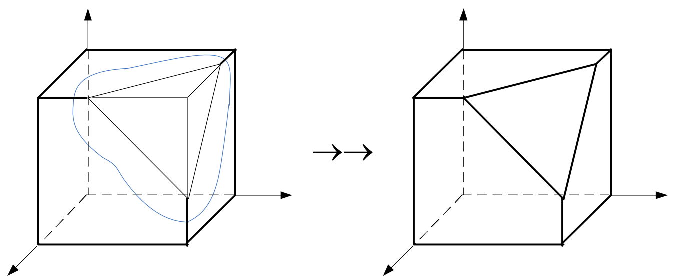
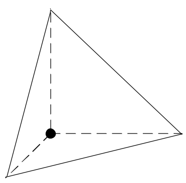
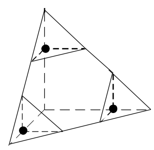


Рис. 1. Модель МВС в форме усечённого куба



→→

Три координатных сдвига основной вершины с одновременной гомотетией



Простая алгебра

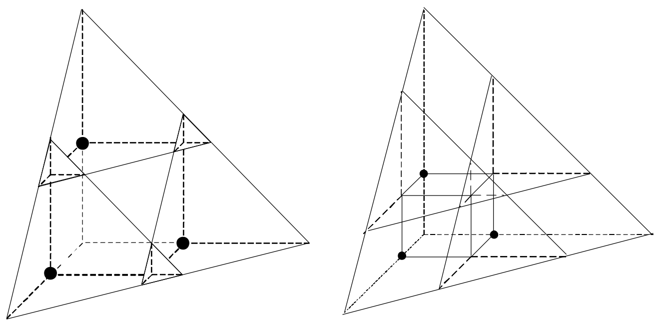


Рис. 2. Алгебра координатных тетраэдров

Алгебра кратных пересечений

Данная модель наряду с пропускной способностью породила также алгебру объединений, пересечений координатных котетраэдров (рис. 2).

Основной результат статьи – блок-схема стационарного функционирования МВС (рис. 3).

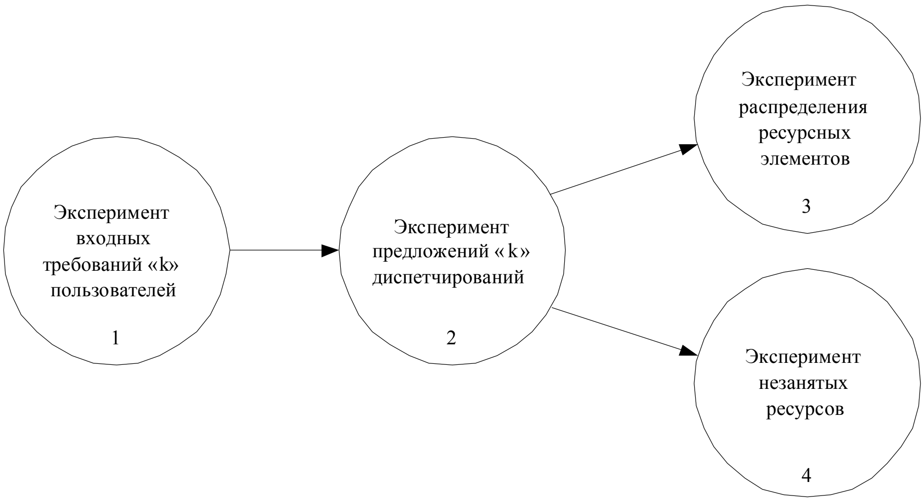


Рис. 3. Блок-схема стационарного функционирования МВС

Введём эксперимент входных требований. Определим состояния входного блока МВС с «k» пользователями. Пусть несистемные заявки образуют идентичные равнораспределённые случайные величины-нюоды вида $0, 1, \ldots, N$, $P(j) = 1/(N+1),\ j \in [0; N] \subset Z$. Значение 0 – идеальное, значения x_i>0 принимаются в качестве реальных значений-реализаций i-го нюода. Мощность множества реализаций $mes\,\{x_i > 0\}_{i=1}^{j},\ j \le k$ указывает количество положительных заявок и со стороны среды эксплуатационников МВС воспринимается как j-кратный успех входного эксперимента поступления требований на обслуживание. Набор данных кратностей $j = 0, 1, \ldots, k$ и принимается в качестве искомых состояний входного блока МВС. Сопоставляя j-му состоянию вариантную мощность $mes\,Comb_1^j \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ \vdots \\ N \end{pmatrix} = N^j$ комбинаций реальных частей j нюодов и постулируя сочетательный выбор данных j нюодов среди «k» имеющихся нюодов, приходим к прямой аддитивной форме модели кубических слоёв $\sum_{j=0}^{k} C_k^{(j)} N^j = (N+1)^k$. В дальнейшем полагаем N=k и получаем модель канонического входного потока с объемлющим вариантным кубом мерой $(k+1)^k$, исходом X_{real}-кубом мерой k^k, исходом X_{func}-кубом мерой 1^k (рис. 4). Последний в качестве отклика вызывает эксперимент диспетчерских предложений вычислительных ресурсов.

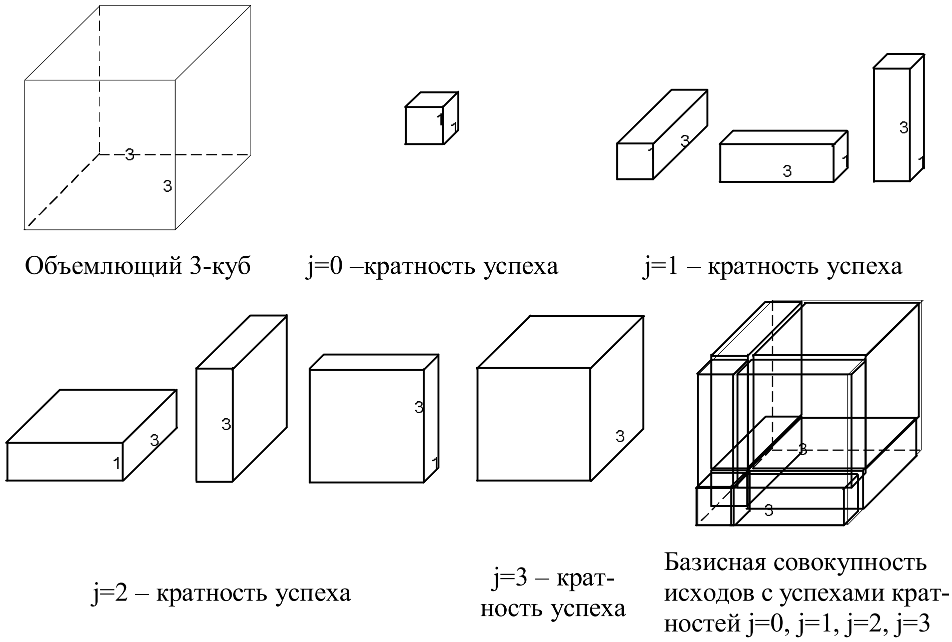


Рис. 4. Графика входного эксперимента

Введём эксперимент предложений вычислительных ресурсов со стороны диспетчирования МВС. Рассмотрим исход потока требований, когда последний составляет j пакетных единиц вариантной мощности у каждого пользователя в качестве отрезка $[0; j]\subset[0;k]\subset Z$ соответствующего ребра куба спроса. Отклик «k» диспетчирований на «k» запросов пользователей принимаем в виде $Comb_{1}^{k}\begin{pmatrix}1\\2\\\vdots\\j\end{pmatrix}$ и по правилу комбинирования получаем вариантную мощность введённого j–го исхода эксперимента, равную j^k при максимуме k^k. Условие неразличимости диспетчирований ресурсами, превышающими ресурс функционирования в один пакет, преобразует куб в котетраэдр мерой $k^k/k!$.

Множество диспетчерского функционирования в виде куба единичных ресурсов определяем по симметрии с множеством функционирования эксперимента спроса. Транспонирование $1\to\to(k-1)$ первого по мощности исхода, упомянутого выше, в условии неразличимости даёт переход $1/k!\to\to(k-1)^k/k!$ к множеству ординарных исходов. Последнее дополняет множество диспетчерского функционирования до объемлющего множества. Единичный куб диспетчерского функционирования не подчиняем постулату неразличимости на основании декларативного представления об однозначности соответствия требований и предложений для исходов единичного спроса пользователей и такого же отклика диспетчеров. В изложенной аксиоматике правило включения-исключения даёт меру объединения ординарных исходов в форме коинтегральности $\sum_{j=0}^{k}(-1)^{j} C_{k}^{(j)}(k-j)^{k}/k! = 1$.

Найденная величина выражает мощность множества функционирования изучаемого эксперимента в его канонической версии M=kN, когда вариантная мощность ресурсов покрывает максимум возможного спроса (рис. 5).

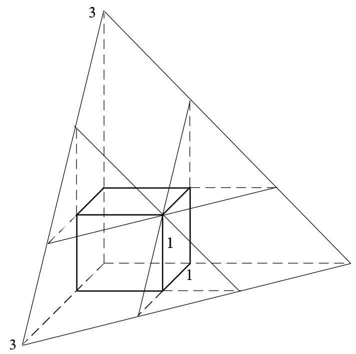


Рис. 5. Графика эксперимента Теппера

Рассмотрим далее неканоническую версию определяемого эксперимента, сохранив основные постулаты первоначальной канонической версии за исключением условий на параметры исходов ординарности и форму множества функционирования. Дадим определение неканонического случая эксперимента предложений ресурсов с общими значениями параметров M, N и пакетной масштабной единицей. В данном случае будем иметь M=LN, L<k.

При числе пакетов процессоров L<k эксперимент предложений ресурсов называем усечённой моделью котетраэдров Теппера. Мы сохраняем выражение коинтегральности и при k>L в качестве условного тождества

$$\sum_{j=0}^{k}(-1)^j C_k^{(j)}(L-j)^k / k! = 1\,,$$

в котором при j>L предполагается инверсный переход j→→(k–j), транспонирующий отрезок [L;k]⊂Z в отрезок [0;k–L]⊂Z. При данной условности правая часть сохраняет смысл объёма единичного куба как суммы усечённой и отсечённой частей наклонной гранью координатного котетраэдра с ребром L<k. Объемлющее множество усечённого эксперимента предложений ресурсов в свою очередь состоит из пары частей: котетраэдров с рёбрами L и (k–L) (рис. 6).

Переход от эксперимента входных требований пользователей к эксперименту предложений формализуется матричным и индексным транспонированиями

$$k^j \to\to j^k \to\to (k-j)^k,\ \ j \to\to (k-j).$$

Исходам с j предлагаемыми, распределяемыми пакетами соответствуют исходы с нераспределяемыми пакетами. Прямая аддитивная форма эксперимента предложений ресурсов формализует исходы j предлагаемых, распределяемых пакетных единиц для каждого из пользователей. Последние по принципу транспонирования порождают дополнительные исходы нераспределяемых пакетов линейки вычислительных ресурсов. Рассмотрим совокупность данных транспонирований для j∈[1;k]⊂Z. Получим графику рис. 7.

Здесь пунктирами выделены распределяемые пакеты для последовательных величин мощностей от 1 до j и приведены вычисления дополнительных мощностей, расположенные за знаком перехода →→ к транспонированным исходам нераспределяемых пакетов. Комбинирование последних даёт мощность исхода нераспределяемых пакетов $\prod_{j'=0}^{j-1}\left(k - j'\right) = k\left(k-1\right)\ldots\left(k-j+1\right) = A_k^{(j)}$ для каждого диспетчирования, согласно правилу комбинирования по отношению к введённым множествам-исходам.

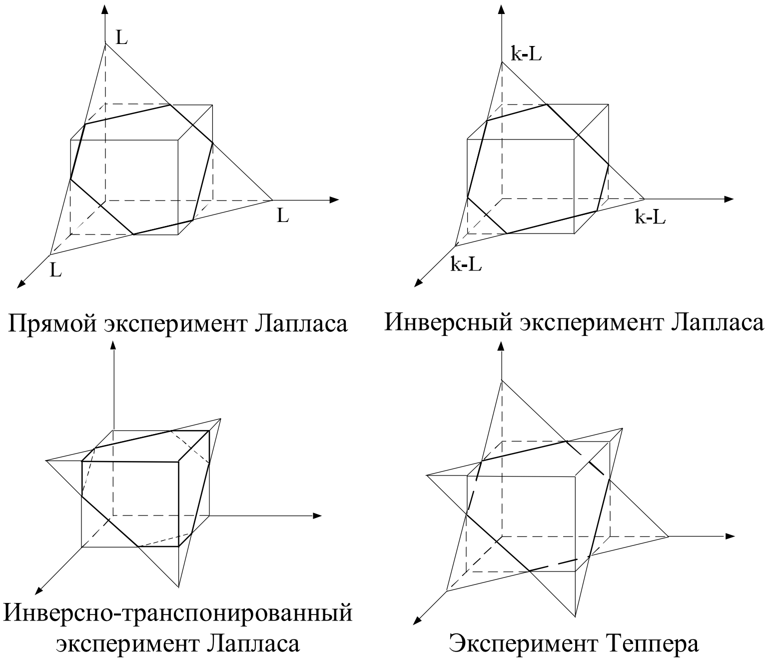


Рис. 6. Графика взаимодействия спроса (куб) и предложения (тетраэдр)

0 , 1 , 2 , . . . , k ⟶ 0 U k-1=k

0 , 1 , 2 , . . . , k ⟶ 0 U k-2=k-1

. . . .

0 , 1 , 2 , . . . , j , . . . , k ⟶ 0 U k-j=k-j+1

Рис. 7. Совокупность данных транспонирований

В эксперименте предложений ресурсов превалирует внешняя сторона компьютерного обслуживания – поток поступающих заявок и отклик на него в качестве восприятия спроса.

Эксперимент распределения ресурсов сосредоточен на внутренней стороне компьютерного обслуживания – выделение нумерованных ресурсов под воспринятый поток требований и назначение требований на обслуживание.

Определим эксперимент распределения ресурсов. Оперативное расписание распределения ресурсных элементов стационарного обслуживания пользователей состоит в сопоставлении нумерованным числовым заявкам на вычислительный ресурс номеров ячеек-пакетов на линейке процессоров МВС, в которых будет происходить выполнение операций обслуживаемой заявки. Данное случайное явление подчиняется вариантным закономерностям, для анализа которых целесообразно заменить предыдущую оперативно-числовую модель распределения ресурсных элементов комбинаторной вариантно-целочисленной моделью взаимодействия спроса в форме совокупности «k» возможных пакетных требований на вычислительные ресурсы и предложения в качестве имеющихся на линейке процессоров «L» пакетных элементов ресурса, могущих быть выделенными под обслуживание той или иной заявки. Упомянутое взаимодействие формализуется соотношением вариантных мощностей экспериментов спроса-предложения или, более коротко, сопоставлением величин «k» пакетных заявок и «L» пакетов-ячеек для выполнения компьютерного обслуживания $L=[M/N]\le k$. Случай $L=k$ считается каноническим и анализу подлежит эксперимент распределения ресурсных элементов при $L>k$.

С данной целью от анализа откликов на поток заявок пользователей в качестве предложений со стороны диспетчирований перейдём к анализу размещения ресурсных элементов спроса-предложения по нумерованным ячейкам-пакетам процессоров операционного поля МВС. Отметим сразу же, что в канонической версии $M=kN$ эксперименты второго и третьего звена цепи моделирования стационарной системы компьютерного обслуживания совпадают между собой в той части, что затребованные ресурсы без каких-либо препятствий размещаются на обслуживание в ячейки-пакеты линейки процессоров. Затруднения с размещением предложений ресурсов по нумерованным пакетным ячейкам возникают в неканонической версии стационарного функционирования МВС, когда максимальный пакетный спрос превышает общий ресурс пакетов-ячеек. Решение данной проблемы и даёт эксперимент распределения ресурсных элементов.

Отношение числа L пакетных ресурсов к числу «k» вариантных пакетных требований на ресурсы со стороны одного пользователя принимаем в качестве относительной обеспеченности эксперимента распределения ресурсных элементов и локальной вероятности успеха исхода обслуживания одного пользователя $p=L/k$.

Введём соответствующие состояния и закон их распределения, постулируя обслуживание «k» пользователей в качестве схемы биномиальных испытаний Бернулли. Получим распределение

$$C_k^{(j)}\left(\frac{L}{k}\right)^j \frac{(k-L)^{k-j}}{k^{k-j}} = k^{-k} C_k^{(j)} L^j (k-L)^{k-j}$$

вероятностей j-кратного успеха изучаемого эксперимента. Умножением данного закона на величину k^k объёма канонического куба приходим к адекватной модели кубических слоёв $C_k^{(j)} L^j (k-L)^{k-j}$, $j=0,1,\ldots,k$ в прямой аддитивной форме с кубом реальности мерой k^k и начальным кубом мерой L^k.

Переход от эксперимента предложений к эксперименту распределения ресурсных элементов формализуется транспонированиями:

$$k = L + (k-L), \qquad k \begin{array}{l} \nearrow L \\ \searrow (k\text{-}L) \end{array}$$

$$A_k^{(j)} \to\to \begin{cases} C_k^{(j)} \left(\frac{L}{k}\right)^j \left(\frac{k-L}{k}\right)^{k-j} \\ C_k^{(j)} \left(\frac{k-L}{k}\right)^j \left(\frac{L}{k}\right)^{k-j}. \end{cases}$$

Распределение верхней строки справа было получено выше в качестве постулирования схемы Бернулли для основной стадии эксперимента двухстадийного обслуживания в неканонической версии предложения-спроса на стационарные ресурсы МВС. Постулат индексного транспонирования для второй стадии обслуживания

$$k \begin{array}{l} \nearrow L \\ \searrow (k\text{-}L) \end{array}$$

одновременно преобразует верхнюю строку в нижнюю в качестве переходного оператора от основной стадии к последующей, второй стадии стационарного компьютерного обслуживания в модели равнораспределённых требований пользователей.

Подытоживая статью, отметим, что в основу информативного моделирования компьютерного сервиса положена блок-схема комбинаторных экспериментов входа, диспетчирования, распределения ресурсных элементов операционного поля на обслуживание заявок пользователей и незагруженных вычислительных ресурсов. Последний эксперимент предполагается изложить в последующих публикациях. Информативность моделирования означает вариантно-целочисленный анализ диспетчерского управления МВС. Терминология комбинаторного эксперимента в данной статье употребляется декларативно, некоторую формализацию применяемого понятия можно найти в работах [3,4]. Основное внимание в предлагаемой статье должно быть обращено на транспонированные переходы в цепи экспериментов. Добавим к сказанному, что транспонированные переходы коснулись лишь канонических версий изучаемых комбинаторных экспериментов. Неканонические, усечённые версии комбинаторных экспериментов требуют значительно большего объёма изложения и рассчитаны на дальнейшие публикации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Макаревич О.Б.*, *Саак Э.М.*, *Чефранов А.Г.* Анализ загруженности однородных микропроцессорных вычислительных систем коллективного пользования // Автоматика и вычислительная техника. 1980. № 4. С. 32–36.
2. *Макаревич О.Б.*, *Саак Э.М.*, *Чефранов А.Г.* Об одной модели функционирования однородной вычислительной системы в режиме пакетной обработки сложных задач // Электронное моделирование. 1980. № 5. С. 22–27.
3. *Саак А.Э.* Комбинаторный эксперимент как модель многопроцессорных вычислительных систем коллективного пользования // Труды II Международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления» PACO' 2004. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2004. С. 871–883.
4. *Саак А.Э.* Алгебро-метрологические свойства комбинаторных моделей МВС // Труды III Международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления» PACO'2006. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2006. С. 1452–1457.