



OSTIS-2014

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 519.816

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Лобанов В.Н.^{*}, Петровский А.Б.^{**}

^{} ОАО «НИИ вычислительных комплексов им. М.А. Карцева», г. Москва, Россия*

fisher_1980@mail.ru

*^{**} Институт системного анализа РАН, г. Москва, Россия*

pab@isa.ru

В работе рассматривается процедура построения интегрального показателя оценки перспективности вычислительного комплекса, основанная на последовательном агрегировании исходных показателей в иерархическую систему составных критериев.

Ключевые слова: агрегирование критериев; вычислительный комплекс; иерархическая система критериев; интегральный показатель; составной критерий.

Введение

В настоящее время различные научные и прикладные задачи все чаще решаются с помощью высокопроизводительных вычислительных комплексов, которые выступают реальной альтернативой дорогостоящих суперкомпьютеров. Примерами таких задач являются обнаружение и отслеживание целей в радиолокации и гидроакустике, моделирование быстротекущих процессов в физике и ряд других задач, связанных с обработкой больших массивов информации за короткое время.

Стоимость создания вычислительных комплексов постоянно снижается, благодаря массовому выпуску стандартных комплектующих изделий и растущей конкуренции среди производителей. Современные относительно недорогие микропроцессоры, сетевые технологии и периферийные устройства позволяют строить на их основе разнообразные конфигурации вычислительных комплексов, удовлетворяющие требованиям пользователей по энергопотреблению, габаритам, массе и др. Построение вычислительных систем из стандартных компонент привело к тому, что на рынке представлено много комплексов различных конфигураций. Поэтому перед пользователем, которому нужно решить собственную прикладную задачу, встает непростая проблема сравнения и

выбора наиболее предпочтительной конфигурации вычислительного комплекса.

Сравнение и выбор вычислительных комплексов представляет собой сложную, слабо структурируемую и плохо формализованную задачу [Ларичев, 2006; Петровский, 2009]. Это обусловлено тем, что вычислительные комплексы характеризуются большим числом показателей, а выбор осуществляется по многим количественным и качественным критериям. Вместе с тем, как правило, вариантов конфигураций бывает немного, и такие варианты оказываются несравнимыми друг с другом по своим показателям, что не позволяет применять известные методы принятия решений для выбора лучшего варианта. Возможные подходы к многокритериальному выбору вычислительных кластеров изложены в работах [Лобанов и др., 2012; Лобанов и др., 2013; Ройзензон, 2005].

В данной работе описан выбор наиболее предпочтительного вычислительного комплекса из имеющегося перечня по интегральному показателю, характеризующему перспективность комплекса, который строится несколькими способами с помощью технологии ПАКС (Последовательное агрегирование Классифицируемых Состояний) [Петровский и др., 2012]. Многоэтапная технология ПАКС, исходя из предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР), и/или знаний эксперта, позволяет сформировать несколько

иерархических систем с различными наборами составных критериев, которые объединяют большое число исходных характеристик рассматриваемых объектов в один или несколько итоговых критериев, имеющих количественные и/или качественные порядковые шкалы оценок.

Человеку, в силу особенностей его физической памяти, легче оперировать небольшой по объему информацией. На практике для этого бывает достаточно от трех до семи показателей. Итоговые критерии в компактной форме передают содержательный смысл исходных характеристик и дают возможность обосновать выбор наиболее предпочтительного варианта. Поэтому сокращение числа критериев оценки позволяет ЛПР не только решить задачу выбора, но и упрощает анализ полученных результатов.

Вместе с тем при слишком малом числе итоговых критериев и недостаточно продуманном агрегировании показателей на предыдущих уровнях иерархии могут возникать ситуации, когда все рассматриваемые варианты при их очевидном различии имеют одинаковые оценки. Осуществить выбор в таких случаях невозможно.

Модифицированная технология ПАКС-М [Petrovsky et al, 2013], ориентированная на решение задачи выбора с помощью нескольких методов, предоставляет ЛПР возможности избежать возникновения противоречий на разных этапах процедуры агрегирования критериев. Сопоставление результатов, полученных несколькими методами для разных иерархических систем критериев, позволяет провести анализ итоговых результатов, сравнить системы критериев между собой, выбрать наиболее предпочтительную систему и оценить качество сделанного выбора.

1. Построение нескольких критериев оценки вычислительного комплекса

Рассмотрим решение задачи выбора вычислительного комплекса с помощью технологии ПАКС-М, построив несколько иерархических систем составных критериев оценки путем агрегирования исходных характеристик. Построим сначала иерархические системы с небольшим числом итоговых критериев, а затем объединим их в единственный интегральный показатель оценки перспективности вычислительного комплекса.

В качестве исходных характеристик комплексов были выбраны следующие группы показателей.

ХМ. Технические характеристики модуля (частота ядра процессора; разрядность ядра процессора; количество потоков; количество ядер процессора; объем поддерживаемой процессором оперативной памяти; количество процессоров в модуле; объем оперативной памяти модуля;

наличие ускорителя универсальных вычислений; дисковая память модуля; наличие в модуле оптического накопителя данных).

ВХ. Вычислительные характеристики комплекса (число модулей в комплексе; скорость обмена между модулями; наличие встроенных средств ввода-вывода; наличие бесперебойного питания; программные характеристики комплекса; возможность модернизации технических и программных средств комплекса).

КХ. Конструкционные характеристики комплекса (размеры комплекса (высота, глубина, ширина); масса комплекса; защищенность от помех)

ЭХ. Эксплуатационные характеристики комплекса (энергопотребление; уровень шума; тепловыделение; условия эксплуатации (температура, влажность); наработка на отказ).

ПК. Производительность комплекса.

СИ. Стоимость изготовления комплекса.

Для каждого исходного показателя была сформирована вербальная шкала оценок с двумя или тремя градациями. Например, производительность комплекса оценивалась как $ПК^0$ – высокая (>2000 Гфлопс); $ПК^1$ – средняя (2000-500 Гфлопс); $ПК^2$ – низкая (<500 Гфлопс).

Процедура агрегирования характеристик включает несколько этапов:

- разбиение исходных показателей на группы, в которых критерии близки друг другу по смыслу или являются неотъемлемыми характеристиками какого-либо составного критерия;
- построение дерева агрегирования на основе сформированных групп критериев;
- формирование порядковых шкал оценок для составных критериев с указанием диапазона оценок исходных показателей для каждой градации на шкале.

В работе [Лобанов и др., 2013] для выбора вычислительного комплекса были построены иерархические системы составных критериев, агрегирующие исходные показатели в пять итоговых критериев: ПК. Производительность комплекса; СИ. Стоимость изготовления комплекса; ВХ. Вычислительные характеристики комплекса; КХ. Конструкционные характеристики комплекса; ЭХ. Эксплуатационные характеристики комплекса.

При построении дерева агрегирования критериев предварительно были определены исходные показатели, которые рассматривались в качестве итоговых критериев. Такими показателями стали производительность комплекса и стоимость изготовления комплекса. Использование СИ и ПК как итоговых критериев связано с их особой ролью. СИ является единственным показателем в перечне, характеризующим материальные затраты на приобретение вычислительного комплекса, а ПК обеспечивает сравнение скорости вычислений

комплексов. Остальные исходные показатели комплекса были объединены в составные критерии. Показатель «Технические характеристики модуля» был включен как составная часть в вычислительные характеристики комплекса.

При агрегировании исходных показателей в составные критерии конструирование градаций шкал составных критериев выполнялось на основе комбинаций градаций оценок исходных показателей. Конструировать каждую градацию шкалы составного критерия можно различными способами, используя разные методы для построения самой шкалы составного критерия, выбирая разные числа градаций и диапазоны изменения переменных на градациях шкал критериев предыдущего или данного уровня иерархии исходя из предпочтений ЛПР или знаний эксперта.

При формировании системы критериев градации шкалы составного критерия конструировались тремя разными способами с помощью метода стратификации кортежей с назначением разных диапазонов изменения градации на шкале. Каждую такую систему критериев удобно рассматривать как выражение точки зрения некоторого ЛПР/эксперта. Иными словами, можно считать, что при использовании любой из иерархических систем критериев каждый вариант комплекса оценивался не одним, а тремя независимыми экспертами.

В представленном примере три вычислительных комплекса ВК1, ВК2 и ВК3 сравнивались по пяти критериям: ПК, СИ, ВХ, КХ, ЭХ. Результаты многокритериальной оценки комплексов даны на рисунке 1. Справа на рисунке приведен формат представления оценок по каждому критерию: столбец – оценки соответствующего комплекса, данные тремя экспертами, строка – оценки трех комплексов, данные соответствующим экспертом.

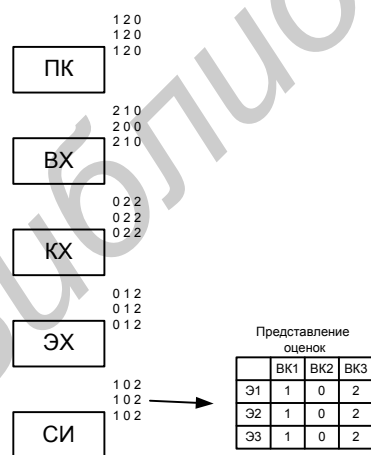


Рисунок 1 – Оценка комплексов по пяти критериям

Выбор наиболее предпочтительного комплекса проводился с помощью трех методов группового многокритериального выбора: метода АРАМИС, лексикографического упорядочивания по градациям критериальных оценок и метода взвешенных сумм рангов [Петровский, 2009]. Полученные этими

методами ранжировки были обобщены при помощи процедуры Борда. Итоговое упорядочение комплексов имело вид: $ВК1 > ВК2 \approx ВК3$. Таким образом, комплекс ВК1 оказался предпочтительнее комплексов ВК2 и ВК3, которые можно считать примерно равноценными.

Система с итоговыми критериями ПК, СИ, ВХ, КХ и ЭХ дала возможность выбрать наиболее предпочтительный вариант комплекса и объяснить результаты выбора, а также использовать эти критерии в качестве промежуточных при построении системы с единственным интегральным показателем агрегирования.

2. Построение единственного интегрального показателя оценки вычислительного комплекса

Рассмотрим теперь процедуру построения единственного интегрального показателя КК. Категория комплекса, характеризующего его перспективность и имеющего три вербальные градации оценок: $КК^0$ – перспективный комплекс, $КК^1$ – современный комплекс, $КК^2$ – устаревающий комплекс. Интегральный показатель формировался четырьмя разными способами путем агрегирования различных сочетаний промежуточных критериев, в качестве которых выступали приведенные выше критерии:

- ПК. Производительность комплекса;
- СК. Стоимость изготовления комплекса;
- ВХ. Вычислительные характеристики комплекса;
- КХ. Конструкционные характеристики комплекса;
- ЭХ. Эксплуатационные характеристики комплекса.

Построенные системы агрегирования критериев были использованы для выбора наиболее предпочтительного вычислительного комплекса.

2.1 Первый способ агрегирования критериев

Критерии ПК и ВХ объединяются в составной критерий «Вычислительный потенциал комплекса» $ВП=(ПК, ВХ)$. Критерии КХ и ЭХ объединяются в составной критерий «Затраты на обслуживание комплекса» $ЗО=(КХ, ЭХ)$. Критерий СИ на данном этапе не включается в составной критерий ЗО, так как во-первых, предполагается, что приобретение или изготовление комплекса связано с разовыми затратами, а обслуживание комплекса требует периодических затрат (каждый месяц). Во-вторых, затраты на обслуживание комплекса приходятся на время, когда комплекс уже запущен в эксплуатацию и его владелец получает какую-то прибыль, за счет которой эти затраты будут компенсироваться.

Далее критерии ВП, ЗО и СИ объединяются в единственный интегральный показатель «Категория комплекса» $КК=(ВП, ЗО, СИ)$. Система составных критериев представлена на рисунке 2.

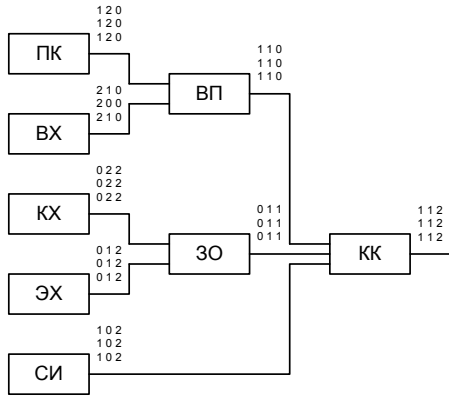


Рисунок 2 – Первый способ агрегирования критериев

Шкалы оценок для критериев ВП, ЗО и КК формировались следующим образом:

ВП. Вычислительный потенциал комплекса

VP^0 – высокий (ПК⁰, VX⁰), (ПК⁰, VX¹), (ПК¹, VX⁰);
 VP^1 – средний (ПК¹, VX¹), (ПК¹, VX²), (ПК², VX¹);
 VP^2 – низкий (ПК², VX²).

ЗО. Затраты на обслуживание комплекса

ZO^0 – низкие (КХ⁰, ЭХ⁰), (КХ⁰, ЭХ¹), (КХ¹, ЭХ⁰);
 ZO^1 – высокие (КХ¹, ЭХ¹), (КХ¹, ЭХ²), (КХ², ЭХ¹), (КХ², ЭХ²).

КК. Категория комплекса

KK^0 – перспективный (ВП⁰, ЗО⁰, СИ⁰), (ВП⁰, ЗО⁰, СИ¹), (ВП⁰, ЗО¹, СИ⁰), (ВП¹, ЗО⁰, СИ⁰), (ВП¹, ЗО⁰, СИ¹), (ВП¹, ЗО¹, СИ⁰), (ВП¹, ЗО¹, СИ¹), (ВП², ЗО⁰, СИ⁰), (ВП², ЗО⁰, СИ¹), (ВП², ЗО¹, СИ⁰), (ВП², ЗО¹, СИ¹), (ВП², ЗО¹, СИ²);
 KK^1 – современный (ВП⁰, ЗО¹, СИ¹), (ВП⁰, ЗО¹, СИ²), (ВП¹, ЗО¹, СИ⁰), (ВП¹, ЗО¹, СИ¹), (ВП¹, ЗО¹, СИ²), (ВП², ЗО¹, СИ⁰), (ВП², ЗО¹, СИ¹), (ВП², ЗО¹, СИ²);
 KK^2 – устаревающий (ВП¹, ЗО¹, СИ¹), (ВП⁰, ЗО¹, СИ²), (ВП¹, ЗО¹, СИ²), (ВП², ЗО¹, СИ⁰), (ВП², ЗО¹, СИ¹), (ВП², ЗО¹, СИ²).

Сравнение комплексов по интегральному показателю КК. Категория комплекса показало, что $VK1 \approx VK2 > VK3$. Это не согласуется с результатами сравнения комплексов по пяти критериям и связано с тем, что введенный промежуточный критерий ВП уравнивал между собой комплексы ВК1 и ВК2, что привело к другому результату. Кроме того, критерии ВП и ЗО усложняют объяснение полученного результата. Построенная первым способом система агрегирования критериев не позволяет внятно объяснить результаты.

2.2 Второй способ агрегирования критериев

Критерии ПК, VX и КХ объединяются в составной критерий «Вычислительный потенциал комплекса» $VP=(ПК, VX, КХ)$. Критерии ЭХ и СИ не группируются, так как они характеризуют денежные затраты на разных этапах.

Далее критерии ВП, ЭХ и СИ объединяются в единственный интегральный показатель «Категория комплекса» $KK=(ВП, ЭХ, СИ)$. Система составных критериев представлена на рисунке 3.

Шкалы оценок для критериев ВП и КК формировались следующим образом:

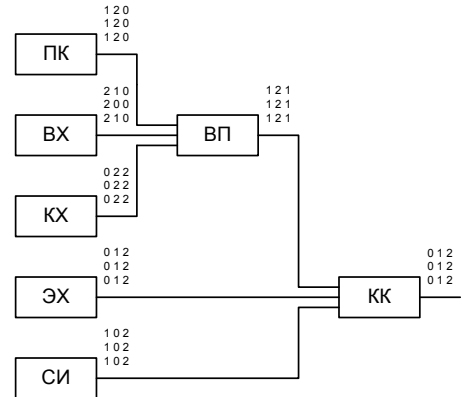


Рисунок 3 – Второй способ агрегирования критериев

ВП. Вычислительный потенциал комплекса

VP^0 – высокий (ПК⁰, VX⁰, КХ⁰), (ПК⁰, VX⁰, КХ¹), (ПК⁰, VX¹, КХ⁰), (ПК¹, VX⁰, КХ⁰);
 VP^1 – средний (ПК¹, VX¹, КХ¹), (ПК¹, VX⁰, КХ¹), (ПК¹, VX¹, КХ⁰), (ПК¹, VX¹, КХ¹), (ПК⁰, VX⁰, КХ²), (ПК⁰, VX², КХ⁰), (ПК², VX⁰, КХ⁰), (ПК², VX⁰, КХ¹), (ПК², VX¹, КХ⁰), (ПК⁰, VX², КХ¹), (ПК¹, VX², КХ⁰), (ПК⁰, VX¹, КХ²), (ПК¹, VX⁰, КХ²);
 VP^2 – низкий (ПК⁰, VX², КХ²), (ПК², VX⁰, КХ²), (ПК², VX², КХ⁰), (ПК¹, VX², КХ²), (ПК², VX¹, КХ²), (ПК², VX², КХ¹), (ПК², VX², КХ²).

КК. Категория комплекса

KK^0 – перспективный (ВП⁰, ЭХ⁰, СИ⁰), (ВП⁰, ЭХ⁰, СИ¹), (ВП⁰, ЭХ¹, СИ⁰), (ВП¹, ЭХ⁰, СИ⁰), (ВП⁰, ЭХ¹, СИ¹), (ВП¹, ЭХ⁰, СИ¹), (ВП¹, ЭХ¹, СИ⁰), (ВП⁰, ЭХ⁰, СИ²), (ВП⁰, ЭХ², СИ⁰), (ВП², ЭХ⁰, СИ⁰);
 KK^1 – современный (ВП¹, ЭХ¹, СИ¹), (ВП², ЭХ⁰, СИ¹), (ВП², ЭХ¹, СИ⁰), (ВП⁰, ЭХ², СИ¹), (ВП⁰, ЭХ¹, СИ²), (ВП¹, ЭХ⁰, СИ²), (ВП¹, ЭХ², СИ⁰);
 KK^2 – устаревающий (ВП⁰, ЭХ², СИ²), (ВП², ЭХ⁰, СИ²), (ВП², ЭХ², СИ⁰), (ВП², ЭХ², СИ¹), (ВП², ЭХ¹, СИ²), (ВП¹, ЭХ², СИ²), (ВП², ЭХ², СИ²).

При сравнении комплексов по показателю КК оказалось, что $VK1 > VK2 > VK3$. Результаты оценки комплексов по показателю КК близки к полученным при оценке комплексов по пяти критериям. По шкале показателя КК комплекс считается перспективным, если общая сумма градаций оценок по промежуточным критериям не превышает значения 2 даже при наличии двух средних оценок или одной низкой оценки по промежуточным критериям.

Однако полученные результаты не совсем согласуются с результатами сравнения комплексов по пяти критериям. Построенная вторым способом система агрегирования критериев также не позволяет внятно объяснить результаты.

2.3 Третий способ агрегирования критериев

Критерии VX, КХ и ЭХ объединяются в составной критерий «Обобщенные характеристики комплекса» $OX=(VX, КХ, ЭХ)$. Критерии ПК и СИ не группируются.

Затем критерии ПК, СИ и ОХ объединяются в один интегральный показатель «Категория комплекса» $КК=(ПК, СИ, ОХ)$. Система составных критериев представлена на рисунке 4.

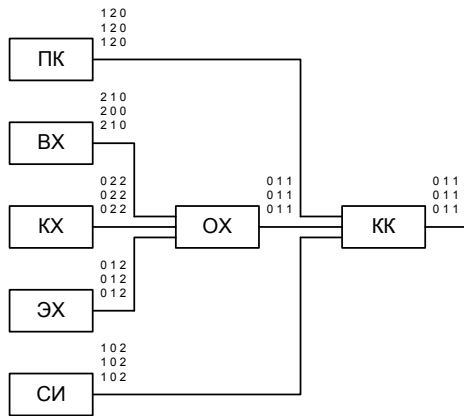


Рисунок 4 – Третий способ агрегирования критериев

Шкалы оценок для критериев ОХ и КК формировались следующим образом:

ОХ. Обобщенные характеристики комплекса

$ОХ^0$ – высокие $(ВХ^0, КХ^0, ЭХ^0), (ВХ^0, КХ^0, ЭХ^1), (ВХ^0, КХ^1, ЭХ^0), (ВХ^1, КХ^0, ЭХ^0), (ВХ^0, КХ^1, ЭХ^1), (ВХ^1, КХ^0, ЭХ^1), (ВХ^1, КХ^1, ЭХ^0), (ВХ^0, КХ^0, ЭХ^2), (ВХ^0, КХ^2, ЭХ^0), (ВХ^2, КХ^0, ЭХ^0);$

$ОХ^1$ – средние $(ВХ^1, КХ^1, ЭХ^1), (ВХ^2, КХ^0, ЭХ^1), (ВХ^2, КХ^1, ЭХ^0), (ВХ^0, КХ^2, ЭХ^1), (ВХ^1, КХ^2, ЭХ^0), (ВХ^0, КХ^1, ЭХ^2), (ВХ^1, КХ^0, ЭХ^2), (ВХ^0, КХ^2, ЭХ^2), (ВХ^2, КХ^2, ЭХ^0), (ВХ^2, КХ^0, ЭХ^2);$

$ОХ^2$ – низкие $(ВХ^2, КХ^2, ЭХ^1), (ВХ^2, КХ^1, ЭХ^2), (ВХ^1, КХ^2, ЭХ^2), (ВХ^2, КХ^2, ЭХ^2).$

КК. Категория комплекса

$КК^0$ – перспективный $(ПК^0, СИ^0, ОХ^0), (ПК^0, СИ^0, ОХ^1), (ПК^0, СИ^1, ОХ^0), (ПК^1, СИ^0, ОХ^0), (ПК^0, СИ^1, ОХ^1), (ПК^1, СИ^0, ОХ^1), (ПК^1, СИ^1, ОХ^0), (ПК^0, СИ^0, ОХ^2), (ПК^0, СИ^2, ОХ^0), (ПК^2, СИ^0, ОХ^0);$

$КК^1$ – современный $(ПК^1, СИ^1, ОХ^1), (ПК^0, СИ^1, ОХ^2), (ПК^1, СИ^0, ОХ^2), (ПК^0, СИ^2, ОХ^1), (ПК^1, СИ^2, ОХ^0), (ПК^2, СИ^0, ОХ^1), (ПК^2, СИ^1, ОХ^0);$

$КК^2$ – устаревший $(ПК^1, СИ^1, ОХ^2), (ПК^1, СИ^2, ОХ^1), (ПК^2, СИ^1, ОХ^1), (ПК^0, СИ^2, ОХ^2), (ПК^2, СИ^0, ОХ^2), (ПК^2, СИ^2, ОХ^0), (ПК^1, СИ^2, ОХ^2), (ПК^2, СИ^1, ОХ^2), (ПК^2, СИ^2, ОХ^1), (ПК^2, СИ^2, ОХ^2).$

При сравнении комплексов по показателю КК оказалось, что $ВК1 > ВК2 \approx ВК3$. Сравнение по критерию ОХ показало, что комплекс ВК1 ненамного опережает комплексы ВК2 и ВК3, а те, в свою очередь, считаются равноценными. Сравнение комплексов по показателю КК дало результаты, согласующиеся с результатами сравнения комплексов по пяти критериям.

Полученные результаты можно объяснить следующим образом. По составному критерию ОХ комплекс ВК1 получает высокую оценку, так как, несмотря на низкую оценку по вычислительным характеристикам, он имеет лучшие оценки по конструкционным и эксплуатационным

характеристикам, в то время как комплексы ВК2 и ВК3 заметно уступают ему по этим параметрам. При агрегировании критериев ПК, СИ и ОХ в единый показатель агрегирования КК общая предпочтительность комплексов не меняется.

Построенная третьим способом система агрегирования критериев не содержит противоречий и дает понятное объяснение полученных результатов. При построении иерархической системы с одним интегральным показателем, удалось получить иерархическую систему с тремя промежуточными критериями ПК, ОХ, СИ. Оценки, характеризующие вычислительные комплексы по этой системе критериев, также согласуются с оценками по пяти критериям.

2.4 Четвертый способ агрегирования критериев

Все пять критериев сразу объединяются в единый показатель агрегирования «Категория комплекса» $КК=(ПК, ВХ, КХ, ЭХ, СИ)$. Система составных критериев представлена на рисунке 5.

При агрегировании пяти критериев шкала интегрального показателя КК. Категория комплекса формировалась следующим образом. Комплекс считался перспективным ($КК^0$), если сумма градаций оценок критериев, входящих в показатель КК, не превышала значение 4. Комплекс считался современным ($КК^1$), если сумма градаций оценок критериев, входящих в показатель КК, равнялась 5 или 6. Комплекс считался устаревшим ($КК^2$), если сумма градаций оценок критериев, входящих в показатель КК, превышала значение 6.

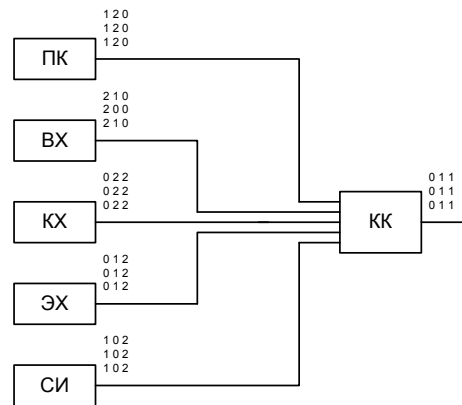


Рисунок 5 – Четвертый способ агрегирования критериев

При сравнении комплексов по показателю КК оказалось, что $ВК1 > ВК2 \approx ВК3$, что согласуется с результатами сравнения комплексов по пяти критериям и сравнением по третьей системе агрегирования критериев.

Полученные результаты можно объяснить следующим образом. Сопоставляя оценки комплексов по пяти критериям, можно заметить, что комплекс ВК1, по общему мнению экспертов, имеет две высокие оценки по критериям КХ и ЭХ (оценки по градациям соответствуют значению 0),

две средние оценки по критериям ПК и СИ (оценки по градациям соответствуют значению 1), а также одну низкую оценку по критерию ВХ (оценка по градации соответствует значению 2). Суммарное значение градаций оценок, присвоенных каждым из экспертов, равняется 4. Комплексы ВК2 и ВК3 по общей совокупности оценок уступают комплексу ВК1 и примерно равноценны.

В построенной системе агрегирования критериев есть только один недостаток – при объединении пяти критериев в один интегральный показатель достаточно сложно сформировать шкалу оценок с диапазоном значений для каждой градации порядковой шкалы показателя.

Заключение

При агрегировании критериев немаловажную роль играет установление семантических связей между исходными показателями и составными критериями. Неудачно сформированные отношения между ними могут привести к противоречиям при объяснении результатов. Действительно, две из четырех иерархических систем критериев с единственным показателем, построенные первым и вторым способом, дают результаты, которые различаются как между собой, так и отличаются от результатов оценки комплексов по пяти критериям. Напротив, результаты, которые получены по иерархическим системам критериев, построенным третьим и четвертым способом, согласуются между собой и с оценками комплексов по пяти критериям и имеют понятные объяснения.

Совпадение результатов для иерархических систем с различной степенью агрегирования критериев дает возможность ЛПР выбрать наиболее удобную систему критериев, либо совместно применять построенные системы критериев с целью повышения обоснованности получаемого решения при выборе наиболее предпочтительной конфигурации вычислительного комплекса.

Отметим также, что практически по всем построенным системам агрегирования критериев вычислительный комплекс ВК1 оказался наиболее предпочтительным по совокупности своих характеристик. Это свидетельствует о достаточно высокой надежности предложенного подхода к многокритериальному выбору сложной системы.

Работа частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект 14-07-00916).

Библиографический список

- [Ларичев, 2006] Ларичев, О.И. Вербальный анализ решений / О.И. Ларичев, под ред. А.Б. Петровского // М.: Наука, 2006.
- [Лобанов и др., 2012] Агрегирование критериев в задаче выбора вычислительного кластера / Лобанов В.Н., Петровский А.Б. // Теория и практика системного анализа: Сборник трудов Всероссийской молодежной конференции. – Белгород: ИД «Белгород», 2012. – С.107-111.

[Лобанов и др., 2013] Выбор вычислительного кластера, основанный на агрегировании многих критериев / Лобанов В.Н., Петровский А.Б. // Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, 2013. – Вып.2. – С.39-54.

[Петровский, 2009] Петровский, А.Б. Теория принятия решений / А.Б. Петровский // М.: Издательский центр «Академия», 2009.

[Петровский и др., 2012] Многокритериальный выбор с уменьшением размерности пространства признаков: многоэтапная технология ПАКС / Петровский А.Б., Ройзензон Г.В. // Искусственный интеллект и принятие решений, 2012. – № 4. – С.88-103.

[Ройзензон, 2005] Ройзензон, Г.В. Многокритериальный выбор вычислительных кластеров. / Г.В. Ройзензон // Методы поддержки принятия решений. Труды Института системного анализа Российской академии наук. / Под ред. С.В. Емельянова, А.Б. Петровского. Т.12. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – С.68-94.

[Petrovsky et al, 2013] Selection of Computing Cluster by Aggregated Complex Criteria / Petrovsky A.B., Lobanov V.N., Zaboloeva-Zotova A.V. // Advances in Decision Technology and Intelligent Information Systems / Ed. by K.J. Engemann, G.E. Lasker. – Tecumseh: The International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics, 2013. – Vol. XIV. – Pp. 27-31.

CONSTRUCTION OF AN INTEGRAL INDEX FOR ASSESSING PROSPECTS OF COMPUTING COMPLEX

Lobanov V.N. *, Petrovsky A.B. **

* *M.A. Kartsev Scientific Research Institute for Computer Complexes Inc., Moscow, Russia*

fisher_1980@mail.ru

** *Institute for Systems Analysis, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,*

pab@isa.ru

A comparison of different computing complex configurations and selection of the most preferable hardware and software options is a weakly formalized and ill-structured complex task. Computational complexes are characterized by a large number of indicators and selected by many criteria both quantitative and qualitative. The paper considers a construction of an integral index for assessing prospects of computing complex based on sequential aggregating initial attributes in the composite criteria system.

In order to choose the preferable computing complex, were used a multi-stage technology PAKS-M that is the modified version of the PAKS method (abbreviation of Russian words: Consequent Aggregation of Classified Situations). PAKS-M allows built several hierarchical trees with different degree of criteria aggregation by many methods of decision making. Using various trees of composite criteria allows us to simplify multicriteria comparison of complexes, select the most preferable system of criteria, and analyze the obtained results.

This work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No 14-07-00916).