

ФЛОТСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЛУЧЕВЫЕ ДИАГРАММЫ

Ю. И. Рыжиков, А. В. Алексеев, В. А. Лохвицкий (Санкт-Петербург)

1. Решение актуальных задач развития объектов морской техники и инфраструктуры (ОМТИ) требует комплексной (многокритериальной), полимодельной оценки качества и эффективности этих систем – с возможностью их последующей структурно-функциональной и параметрической оптимизации [1]. Данное обстоятельство имеет особое значение при обосновании проектных (НИОКР) и управленческих (эксплуатация, учебное и боевое использование) решений, а также путей и программ развития сложных систем в военно-промышленной области.

В настоящее время, как в нашей стране, так и за рубежом ведутся активные работы по созданию *ситуационных центров* государственных органов управления и силовых ведомств. Их основной задачей считается [2] поддержка процессов принятия решений полномочным должностным лицом на основе наглядных представлений (образов) возникающих ситуаций и визуализации результатов их анализа и тенденций развития в удобном для принятия решений виде. Особые сложности возникают при управлении *военными* объектами. В работе [3] описано взаимодействие операторов в центральном посту управления американской атомной ПЛ класса «Вирджиния». Здесь на информационном табло в удобном для доклада командиром корабля формате должны найти отражение навигационная безопасность, тактическое маневрирование, средства ПВО и ПРО, средства управления ракетным оружием, РЭБ и маскировка, обеспечение безопасной эксплуатации корабельных систем и технических средств, локализации аварийных ситуаций и борьбы за живучесть (борьба с затоплением и потерей остойчивости, средства пожаротушения, средства защиты экипажа от поражающих факторов и другие). Ясно, что различные варианты «разруливания» возникшей ситуации будут по-разному влиять на вышеперечисленные возможности, и выбор командирского (управленческого) решения в общем случае далеко не однозначен. Надо полагать, что подобная задача актуальна и для отечественных боевых кораблей и иных ситуационных центров различного уровня – вплоть до общегосударственного центра управления национальной обороной.

2. К сожалению, во многих практических случаях задача многокритериального выбора сводится к оценке *отдельных* показателей качества – без должного методического обоснования и обеспечения системной целостности. В лучшем случае заказчику (лицу, принимающему решение –ЛПР) представляются таблицы показателей качества для сравниваемых вариантов, трудно воспринимаемые и не дающие явного указания для предпочтения. Для агрегации частных оценок применяются алгоритмы аддитивной, мультипликативной или гармонической свертки, максимизация минимальной и максимальной эффективности и другие [4, 6]. Выбор метода агрегации трудно аргументируется и плохо воспринимается ЛПР. Поэтому важнейшую роль играют проблемы визуализации количественных оценок системных свойств и, в особенности, агрегации этих оценок – для принятия окончательного решения о выборе одного из сопоставляемых вариантов. Управленческого решения – результативного, либо эффективного, либо предпочтительного (рационального), либо наилучшего из возможных альтернативных, т. е. оптимального. Для принятия такого решения представляются весьма полезными лучевые диаграммы – они же диаграммы Кивиата.

Лучевая диаграмма представляет собой совокупность (по числу свойств сравниваемых объектов) лучей, на каждом из которых откладываются метки одного из нормализованных (деленных на максимальное значение, либо на минимальное в зависимости от признака полезности данного качества) показателей. Метки разных объектов соеди-

няются линиями различного цвета (структуры). Образованные ими многоугольники (см. ниже) позволяют с предельной наглядностью выполнить многоаспектное сопоставление объектов самого различного назначения. В [7] приведены лучевые диаграммы для шести математических пакетов – по функциональным и интерфейсным возможностям. В [1] с помощью аналогичных диаграмм сравниваются системы поддержки принятия решений при управлении живучестью объектов морской техники повышенного риска: нефтеналивным судам с водоизмещением более 70 тыс. т, газовозам, ледоколам и стационарным буровым платформам для ледовых условий. Квалиметрическая оценка систем проводилась по 12 показателям: конкурентность, качество, эксплуатационность, функциональность, оперативность, достоверность, устойчивость, защищенность, непрерывность, интерфейс, информативность, перспективность.

Приведенные выше примеры опирались на штатные возможности Microsoft Graph – подсистемы Microsoft Office, позволяющей автоматически формировать лучевые диаграммы на основе предварительно заданных таблиц. Существуют три варианта диаграмм. Можно задать название диаграммы, менять цвет линий (контуров), делать на них засечки, менять расположение поясняющей контуры легенды или убирать ее вовсе. К сожалению, средства редактирования диаграмм крайне ограничены: нельзя управлять углами между осями, размером и типом шрифта, дополнять диаграмму надписями, менять структуру линий. Принципиальный недостаток этого инструмента состоит в том, что лучевая диаграмма сама по себе *дает основания для выбора, но не указывает его*.

3. Здесь мы опишем идеи, примененные в разработанном авторами программном комплексе «RCH_Build». Прежде всего, отметим, что в общем случае, когда среди сравниваемых вариантов нет превосходящих прочие по *всем* показателям, *подсознательно* выбирается вариант, ограничивающий большую площадь. Попытаемся в помощь ЛПР этот выбор *формализовать*.

Площади каждой фигуры вычисляются как сумма площадей составляющих ее треугольников:

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M g_i g_{i+1} \sin \gamma_i. \quad (1)$$

Здесь M – число показателей, $\{g_i\}$ – «радиальные» стороны треугольников, т. е. частные показатели соответствующего варианта ($g_{M+1} \equiv g_1$), а $\{\gamma_i\}$ – центральные углы. При симметричном расположении лучей все углы равны, что позволяет сравнивать варианты по значениям легко вычисляемой

$$S^* = \sum_i g_i g_{i+1}. \quad (2)$$

Теперь обсудим дополнительные возможности работы с лучевой диаграммой, основанные на применении формулы (1).

Прежде всего, отметим специфику учета «отрицательных» свойств, полезность которых убывает с ростом показателя. Отрицательными всегда являются затратные компоненты (негативный признак полезности) – стоимость, эксплуатационные расходы, вес, энергопотребление, а также время реакции, погрешности, уход гироскопа, задержки выполнения работ, нарушения правил эксплуатации систем и т. п. Такой подход заведомо исключает «площадную» интерпретацию и тем подрывает идейную основу предлагаемой технологии. Для «отрицательных» свойств следует изменить *принцип нормировки*: по каждому из них минимальное значение делится на достигаемое в соответствующем варианте. Имеются и другие варианты нормировки.

Дополнительную возможность учета важности показателей можно реализовать введением корректирующего множителя (индекса значимости показателя качества).

Далее, значения сумм (1) и S^* зависят от порядка перечисления показателей (точнее, от подбора пар). Это дает возможность применительно к каждой задаче дополнительно учесть полезность парных комбинаций показателей.

Наконец, эффект учета парных комбинаций можно усилить изменением центральных углов – распределением их суммы 2π пропорционально полезности пар. Разумеется, в таком случае решение должно приниматься на основе полной версии формулы (1). Следует иметь в виду, что небольшие изменения углов заметно скажутся только на площадях секторов с острыми центральными углами.

Как построение диаграмм, так и вычисление упомянутых площадей легко автоматизировать – вплоть до придания им динамики (построения серии диаграмм на последовательные моменты времени) в целях прогнозирования развития ситуации.

В заключение отметим, что для особенно серьезных задач процесс принятия решения неизбежно приобретает итерационный характер. Поэтому каждую задачу следует рассматривать как многоэтапный проект с именованнием версий, спецификацией каждой из них и заключением ЛПР по ним.

4.Технология работы с «RCH_Build». На рис. 1 приведена экранная форма программного комплекса «RCH_Build» со стартовой версией сопоставления вариантов (Set 1 – Set 3) гидроакустической системы (ГАС) «Вектор» с характеристиками из [5]. В таблицу занесены 12 показателей, использованные на диаграмме их сокращенные обозначения, направленность показателей (+/-) и их значения для сравниваемых вариантов. Веса показателей по умолчанию предлагаются единичными а углы между осями диаграммы – одинаковыми. Соответственно вычисляются их синусы.

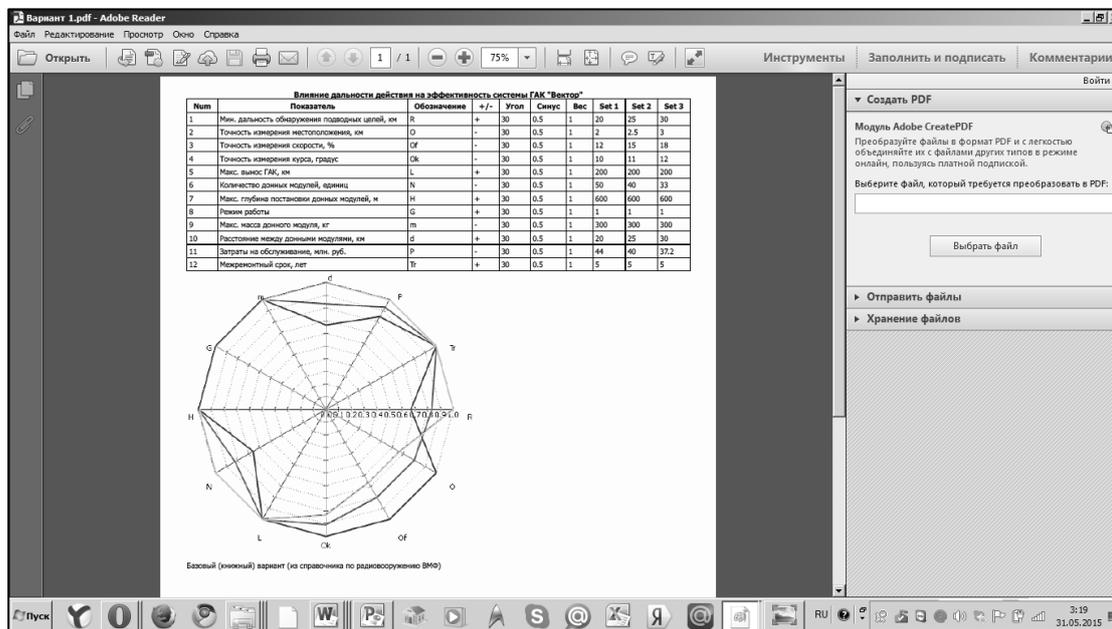


Рис. 1. Стартовая форма отчета программного комплекса «RCH_Build»

На рис. 2 приведена рабочая экранная (интерфейсная) форма программного комплекса при аналогичных исходных данных.

В верхней части этого рисунка представлены ярлыки вызова обработанных вариантов. В левой части окна для текущей версии содержится скорректированный спи-

сок показателей (из первоначального были исключены показатели, имеющие равные значения для всех вариантов). Предусмотрены окна для именованя версии и комментариев к ней, указаны шаги его обработки, показаны нормированные значения оставшихся показателей и результирующие суммы парных произведений. В правой части окна показана текущая версия диаграммы с расположенными внизу возможностями ее редактирования (толщина, стиль и цвет линий). Приведенные на рис. 2 результаты далеко не тривиальны, а полученное преимущество (Set 1) – является даже неожиданным в сравнении с вариантом 3, который обладает большей дальностью.

Это обстоятельство только подтверждает сложность задачи вариантного проектирования, комплексной оценки качества, а тем более оптимизации сложных человеко-машинных (эрготехнических) систем и принципиальную необходимость квалиметрического подхода к сравнению свойств, характеристик и возможностей современных, в первую очередь, боевых комплексов и систем.

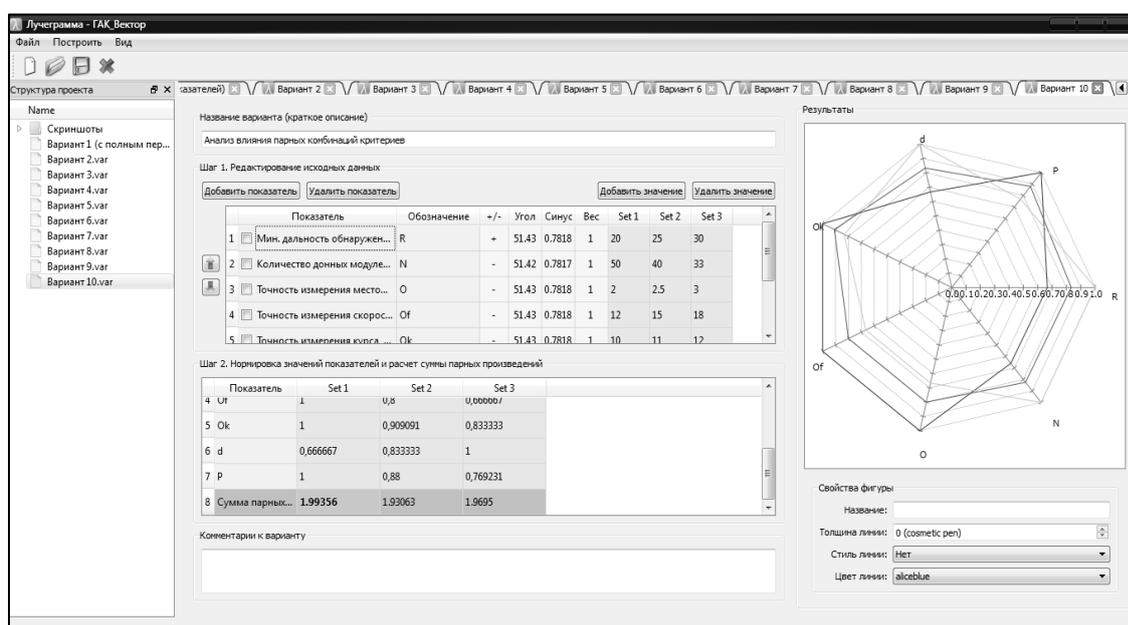


Рис. 2. Рабочая экранная форма

Подчеркнем, что обоснованная корректировка исходных данных для каждой версии (списка показателей, порядка их следования, углов между осями, масштабов по осям), а также окончательное решение по выбору оптимального варианта являются прерогативой исключительно ЛПР. Разумеется, это лицо при окончательном решении может учитывать дополнительные факторы (вплоть до политических соображений), не включенные в диаграмму. При этом подразумевается не только возможность, но и соответствующая ответственность ЛПР за качество принимаемого решения.

Заключение. Предложенный в данной статье аппарат и инструментарий лучевых диаграмм является достаточно универсальным, гибким и наглядным инструментом принятия многокритериальных решений и может найти самое широкое применение при обосновании выбора альтернативных проектов типов кораблей, систем связи и вооружения, средств кораблевождения, инженерных систем различного назначения, а также тактических и организационных решений. В том числе, в условиях полимодельного анализа и синтеза Условием его применения является компетентность (на своих уровнях) ЛПР и его аппарата (штаба).

Литература

1. **Алексеев А. В., Смольников А. В.** Новая технология систем поддержки принятия решений при управлении живучестью объектов морской техники повышенного риска//Труды 7-й Российской мультиконференции по проблемам управления. Конференция «Информационные технологии в управлении». СПб.: 2014. С. 154–158.
2. **Зацаринный А. А., Чупраков К. Г.** Некоторые аспекты выбора технологий для систем отображения информации ситуационного центра//Информатика и ее применения, т. 4, 2010, вып. 3.
3. **Ковтун Л. И., Шарков Н. А.** Интеллектуальный интерпретатор критических событий и их последствий в корабельной АСУ на базе упреждающего имитационного моделирования и ситуационного анализа контролируемых процессов//Материалы 5-й Всероссийской конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. СПб., 2009. т. 1, с. 181–188.
4. **Микони С. В.** Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив. СПб.: Лань, 2009. 270 с.
5. Морская радиоэлектроника: Справочник/**И. В. Соловьев, Г. Н. Корольков, А. А. Бараненко, М. Н. Баранов, А. В. Алексеев, Л. С. Васильев и др.** Под ред. В. А. Кравченко. СПб.: Политехника, 2003. 246 с.
6. **Подиновский В. В., Потапов М. А., Нелюбин А. П., Подиновский О. В.** Теория важности критериев: современное состояние и направления дальнейшего развития //Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-14, Москва, 2014, с. 7697–7702.
7. **Рыжиков Ю. И.** Работа над диссертацией по техническим наукам, 2-е изд. БХВ-Петербург, 2007. 512 с.